

TRAITÉ

DE

CHIMIE ANATOMIQUE

ET PHYSIOLOGIQUE.

I

On trouve chez les mêmes libraires :

Du microscope et des injections dans leurs applications à l'anatomie et à la pathologie, suivi d'une Classification des sciences fondamentales, de celle de la biologie et de l'anatomie en particulier, par le docteur Ch. Robin. Paris, 1849, 1 vol. in-8° de 450 pages, avec 23 fig. intercalées dans le texte et 4 pl. gravées. 7 fr.

Tableaux d'anatomie, comprenant l'exposé de toutes les parties à étudier dans l'organisme de l'homme et dans celui des animaux, par le docteur Ch. Robin. Paris, 1850, in-4°, 10 tableaux. 3 fr. 50

Recherches sur un appareil qui se trouve sur les poissons du genre des raies et qui présente les caractères anatomiques des organes électriques, par le docteur Ch. Robin. Paris, 1847, in-8° avec 2 pl.

Des fermentations, thèse de concours pour l'agrégation en histoire naturelle médicale, présentée et soutenue à la Faculté de médecine de Paris en 1847, in-4° de 41 pages.

Des végétaux qui croissent sur l'homme et les animaux vivants, par le docteur Ch. Robin, *nouvelle édition*, corrigée et considérablement augmentée. Paris, 1853, 1 fort vol. in-8° avec 12 pl. gravées.

Sous presse pour paraître fin de 1853.

Traité d'anatomie générale normale et pathologique chez l'homme et les principaux mammifères (Histoire des éléments anatomiques des tissus et Histologie), par le docteur Ch. Robin. 2 vol. in-8°, accompagnés d'un atlas de 40 pl. gravées.

Paris. — Imprimerie de L. Martinet, rue Mignon, 2.

TRAITÉ

DE

CHIMIE ANATOMIQUE

ET PHYSIOLOGIQUE

NORMALE ET PATHOLOGIQUE

OU

DES PRINCIPES IMMÉDIATS NORMAUX ET MORBIDES

QUI CONSTITUENT LE CORPS DE L'HOMME ET DES MAMMIFÈRES,

PAR

Charles ROBIN,

Docteur en médecine et docteur ès sciences,
Professeur agrégé à la Faculté de médecine de Paris, Professeur d'anatomie générale,
Ancien interne des hôpitaux de Paris, Elève lauréat à l'Ecole pratique de médecine, Membre des sociétés de Biologie, Philomatique, Entomologique et Anatomique de Paris, Correspondant de l'Académie médico-chirurgicale de Stockholm;

ET

F. VERDEIL,

Docteur en médecine, Chef des travaux chimiques à l'Institut national agronomique, Professeur de chimie, Membre de la Société de biologie de Paris, et de la Société helvétique d'histoire naturelle.

Chymia egregia ancilla medicinæ; non alia pejor domina. (LIND, *Traité du scorbut*, Paris, 1756, t. I, p. 78).

ACCOMPAGNÉ D'UN ATLAS DE 45 PLANCHES GRAVÉES, EN PARTIE COLORIÉES.

TOME PREMIER.

PARIS,

CHEZ J.-B. BAILLIÈRE,

LIBRAIRE DE L'ACADÉMIE NATIONALE DE MÉDECINE,

RUE HAUTEFEUILLE, 19;

A LONDRES, CHEZ H. BAILLIÈRE, 219, REGENT-STREET;

A NEW-YORK, CHEZ H. BAILLIÈRE, 290, BROADWAY;

A MADRID, CHEZ C. BAILLY-BAILLIÈRE, CALLE DEL PRINCIPE, 11.

1853

PRÉFACE.

§ I. — Le but de cet ouvrage est de mettre les anatomistes et les médecins à portée de connaître exactement la constitution intime ou moléculaire de la substance organisée en ses trois états fondamentaux, liquide, demi-solide et solide. Le sujet de ces trois volumes est l'examen, fait au point de vue organique, de chacune des espèces de corps ou principes immédiats qui, par leur union molécule à molécule, constituent cette substance.

Ce n'est pas encore l'étude de la matière organisée elle-même qui est faite ici ; c'est celle des parties qui la composent. La substance elle-même, envisagée en ses différents états liquide et solide, puis, dans ce dernier cas, considérée au point de vue de la forme, consistance, couleur, etc., qu'elle prend, sera examinée dans un ouvrage dont la publication suivra immédiatement. Mais il était indispensable de faire l'examen préliminaire des matériaux qui la composent ; procéder anatomiquement et non au point de vue chimique, contrairement à ce qu'on a toujours fait jusqu'à présent, était non moins indispensable.

Par conséquent donc, il y a dans ce traité des faits nombreux qui se rapportent d'une manière exclusive aux principes immédiats pris en eux-mêmes, d'une manière isolée; comme si leur étude formait une science distincte et n'était pas une partie de l'anatomie. Il en est beaucoup d'autres qui, pour être compris, exigent une certaine connaissance de

l'anatomie générale, savoir, des éléments anatomiques, des humeurs, des tissus et des systèmes organiques.

Le plan de l'ouvrage n'a été conçu que dans le cours de toutes ces études. C'est en les poursuivant qu'a été reconnue, par expérience, l'impossibilité de les achever d'une manière utile à la physiologie normale et pathologique; impossibilité qui a amené un retour en arrière et l'exécution du présent traité. Aussi, bien qu'il soit écrit de manière à préparer celui qui doit embrasser le reste de l'anatomie générale, il y a une liaison telle entre les subdivisions de cette science, qu'il est impossible de comprendre complétement l'une sans connaître un peu les autres; quelque expérimenté qu'on puisse être du reste en chimie, quelque riche que soit la mémoire en détails anatomiques. C'est donc ce *Traité d'anatomie générale*, qui sera le complément de celui-ci, qui, ainsi qu'on le voit, en est le prélude en même temps que la première partie.

Vainement, physiologistes ou médecins, nous chercherions à nous passer de connaître ce qui constitue la matière dont sont formés les organes que nous étudions à l'état sain et à l'état morbide; à nous passer de connaître comment et en quelle proportion ces matériaux sont unis et surtout quels sont ceux qui entrent et ceux qui sortent. Bien des fois on l'a tenté, et tous les jours chacun cherche à s'éviter ce travail. Mais ceux qui croient simplifier les choses par des omissions, ou par la confusion de notions diverses en un seul ordre d'idées, ont été conduits à des résultats scientifiques et pratiques qu'on peut dire nuls; tellement nuls même, que tout homme qui envisage sérieusement la réalité se sent aussitôt détourné, par cet exemple, de suivre la même voie.

Que l'on réfléchisse un instant au caractère des altérations que nous observons dans les muqueuses ou autres tissus; que l'on songe, d'autre part, à la nature moléculaire des phénomènes de nutrition, et l'on reconnaîtra bientôt

qu'il n'est pas une parcelle de la substance organisée, fût-ce même un granule microscopique, dont nous ne devions connaître la composition au moins approximativement. Or, l'étude seule des principes immédiats peut conduire à ce but; car la première chose à connaître, c'est de savoir quels sont le nombre, la nature et la proportion des principes qui constituent telle ou telle partie du corps.

Ce qui précède suffit déjà pour montrer que le sujet est le plus abstrait de tous ceux qu'embrasse l'étude de l'organisation ou anatomie. Cela ressort surtout de ce fait qu'il s'agit de l'examen des espèces distinctes de corps qui sont unies moléculairement de manière à former la substance organisée, muscles, tubes nerveux, sérum du sang, etc.

Pourtant déjà nombre de faits sont assez généraux et assez évidents par eux-mêmes pour être facilement saisis, et pour qu'il soit possible d'en faire application sans aucun besoin de recherches spéciales.

Tel est celui de l'existence, dans toute parcelle de la substance organisée, de principes immédiats appartenant à trois ordres ou classes différentes, unis molécule à molécule:

1° Des principes cristallisables d'origine minérale, qui sortent de l'organisme, au moins en partie quant à la masse, tels qu'ils étaient entrés;

2° Des principes cristallisables se formant dans l'organisme même et en sortant généralement comme corps excrémentitiels, tels qu'ils sont au moment de leur formation;

3° Des principes coagulables, ne cristallisant pas, dont les espèces se forment dans l'organisme même à l'aide de matériaux pour lesquels ceux de la première classe servent de véhicule, et se décomposant dans le lieu même où ils se sont formés, étant ainsi les matériaux de formation des principes de la deuxième classe.

En un mot, envisagés au point de vue physiologique en

tenant compte de la plupart des espèces : les premiers entrent, les seconds sortent, et les derniers n'entrent ni ne sortent, mais se font et se défont dans l'organisme, dont ils constituent la portion fondamentale.

L'étude, suivie séparément, de chacune des espèces de principes de ces trois classes, conduit naturellement à rendre compte, à donner l'explication, c'est-à-dire à démontrer le mode d'accomplissement de chacun des faits élémentaires qui se passent dans la substance organisée. Ces actes que manifeste l'organisme vivant se passent d'après certaines lois importantes à connaître. Mais nous n'envisageons habituellement ces faits que compliqués d'actes mécaniques ou physiques s'accomplissant en même temps qu'eux, d'où vient que nous méconnaissons trop souvent ces lois malgré leur importance, puisque sur elles reposent toutes les autres. C'est ordinairement pour avoir voulu appliquer une formule unique sur des choses différentes que nous nions qu'il y ait quelque chose de constant dans l'accomplissement de ces phénomènes élémentaires ; par la raison que nous ne voyons pas se vérifier ce que cette formule exprime. Ni la constitution de la substance organisée, ni les actes qui s'y passent ne sont irréguliers et indépendants de toute loi ; mais seulement la manière jusqu'à présent suivie d'envisager ces faits et de les exprimer est vicieuse, et il s'agit de la changer. Il faut la changer et le faire radicalement : tout éclectisme serait vain dans cette question ; ce qui ne veut nullement dire que les faits rassemblés jusqu'à présent soient tous inutiles : tant s'en faut. Il n'y a que les interprétations qu'on en donne qui soient vicieuses ; ce que montre l'impossibilité de les vérifier dans la pratique médicale ou dans l'expérimentation physiologique.

Les notions générales qui ressortent des détails contenus dans cet ouvrage sont, avons-nous dit, de telle nature qu'elles

dominent, en tant qu'existence, en tant que faits communs aux éléments anatomiques, tous les tissus, toutes les humeurs, etc.; elles sont donc importantes à mettre en relief. En effet, si la constitution de la substance organisée existe d'après certaines lois, on comprend tout de suite qu'il en est de même pour la constitution des différents ordres de parties de l'économie, éléments, humeurs, tissus, etc. Ces notions ne sont pourtant que répandues çà et là dans le corps de l'ouvrage, sans être partout nettement formulées, parce que ce n'est que par un examen en retour des faits particuliers qu'elles ont surgi. Nous allons continuer d'exposer les plus importantes.

§ II. — Il y a un certain nombre de notions générales ou abstraites employées comme moyens intellectuels et que nous avons exposées dans les PRÉLIMINAIRES placés en tête de l'explication des planches, notions qui sont les mêmes dans toutes les sciences, qui s'appliquent à toutes ou au moins à plusieurs. Ce fait se rattache à une condition matérielle d'existence : c'est que la constitution cérébrale a un fonds commun chez tous les hommes, les facultés cérébrales sont les mêmes dans chaque individu quant au nombre et à la nature ; il n'y a de différences que dans le développement proportionnel de chacune et dans la nature des choses auxquelles on les emploie.

Nous avons d'abord donné une échelle, si l'on peut ainsi dire, des caractères que l'on doit chercher à trouver sur toutes les espèces de corps, quelle que soit leur nature simple ou compliquée, ou en d'autres termes, quelle que soit la science qui s'en occupe (page 6). Cette échelle est susceptible de s'appliquer sur tous les corps à étudier ; il y a naturellement certains caractères qui manquent à telle espèce et qui ne manquent pas à d'autres ou réciproquement, mais c'est là précisément où se fait sentir l'utilité de ce moyen général, à l'aide duquel on sait immédiatement ce que l'on doit recher-

cher sur chaque corps, et dans quel ordre. Partant des caractères les plus simples pour arriver aux plus complexes, on peut, sans crainte d'omission ou de dévier, suivre en outre la marche inverse.

Nous allons voir peu à peu combien de lucidité entraîne avec elle, dans plusieurs questions auparavant obscures, cette coordination des choses à étudier. Tracée primitivement pour guider dans l'étude statique de l'économie, elle sert naturellement dans son étude dynamique; car il n'y a pas d'acte sans condition d'action, et réciproquement.

Cherchez dans un livre quelconque une marche suivie dans la description d'un corps, en partant des choses les plus simples pour arriver aux plus complexes, et vous n'en trouverez pas. Tout est entassé à peu près au hasard, sauf pour quelques espèces de composés, dans deux ou trois traités de chimie, et en particulier dans le traité de M. Chevreul sur les corps gras.

§ III. — Nous avons prononcé plus haut l'expression *espèce:* c'est là encore une notion générale applicable à plusieurs sciences, ce qu'a montré M. Chevreul. C'est sur chaque individu des diverses espèces de corps que, pour les connaître, on applique successivement l'ensemble des caractères dont nous venons d'indiquer la coordination. Nous avons dû définir ce qu'on entend par espèce: c'est ce que nous avons fait à la fin des *Prolégomènes*, article VI.

Il importe de noter que le sujet exigeait de définir d'abord l'*individu*, puis ensuite l'espèce. En effet, il n'y a d'absolument démontrée objectivement, matériellement, que l'existence des individus. L'individu seul existe objectivement; la notion d'individu est objective. Aussi il y a des hommes pour lesquels il n'y a que des individus; la notion d'espèce ne s'est introduite qu'assez tard dans les sociétés et d'abord chez des hommes arrivés déjà à un état social assez avancé.

Quant à la notion d'*espèce*, elle est subjective, cérébrale, et, par suite, varie suivant le point de vue où se placent les hommes qui s'en occupent.

La pensée intervient réellement plus que les faits venus du dehors dans la notion d'espèce : car il y a toujours un grand nombre des individus qui nous restent inconnus, que nous ne pouvons observer, comparer au petit nombre de ceux qui habituellement *nous* servent *à créer* une espèce et à en donner la détermination, la détermination écrite. Puis en donnant la définition de l'espèce en général, c'est après avoir lu beaucoup plus de ces diagnoses spécifiques que vu d'individus, que nous pensons et exprimons notre pensée à cet égard.

Aussi comme l'individu est susceptible de varier entre certaines limites suivant les milieux dans lesquels il se trouve, sans aller jusqu'à être méconnaissable pourtant, sans aller jusqu'à prendre les caractères de quelque autre individu existant, ainsi que le montre l'expérience, il en résulte souvent des hésitations pour distinguer ce qui est race de ce qui est espèce. Beaucoup des individus rangés dans une même espèce nous manquant, n'ayant pas été vu, on n'a pas de caractères objectifs ou extérieurs suffisants pour différencier les espèces, comme on les a, lorsqu'il s'agit des individus. On est alors forcé de les considérer dans le temps comme dans l'espace ; de s'appuyer sur la notion de succession des individus. D'autre part, l'expérience prouve que même dans les corps organisés, les plus modifiables de tous les corps, un individu ne peut être transformé en un autre, sous l'influence de simples conditions extérieures physiques. Lorsque les influences employées vont jusqu'à amener des changements dans la constitution moléculaire ou chimique, dès lors l'individu cesse d'être lui pour devenir autre ; il n'y a pas métamorphose ou transformation, il y a passage d'un état à un autre.

L'expérience historique prouve, en outre, que la notion

d'espèce fait partie des notions abstraites ou générales de création humaine, qui nous servent de moyens intellectuels d'action sur le monde extérieur, après y avoir pris source ; et comme toutes ces notions-là, celle d'*espèce*, étant relative dans de certaines limites, n'a rien de tout à fait absolu. Tellement que, bien qu'il ait été impossible de transformer un individu en un autre semblable à quelqu'un de ceux qui lui ressemblent le plus, on est parvenu à obtenir des collections d'individus aussi différents en fait de leurs parents que ceux-ci diffèrent d'individus rangés dans d'autres espèces. En sorte que des hommes ont pu soutenir, sans être plus inconséquents que leurs adversaires, que des espèces nouvelles avaient été ainsi faites ; ce qui est bien différent de l'instabilité par transformation des espèces de l'une en l'autre, dont on a tant parlé. Aussi, comme on le voit dans cette notion d'espèce, ainsi que dans toutes les notions introduites par notre intelligence à titre de moyen de coordination, en un mot, dans toute notion abstraite ou subjective, on ne saurait s'entendre qu'en procédant du composé au simple.

Naturellement ce qui est vrai ici en biotaxie, l'est à plus forte raison, et avec plus de simplicité, en anatomie, et encore plus en chimie. Enfin, c'est cette impossibilité expérimentale de transformer un individu en un autre, qui donne de la stabilité à la notion d'espèce, et fait que dans le langage descriptif l'expression espèce est communément employée au lieu de celle d'individu. Un individu suffit habituellement pour représenter l'espèce, sans qu'il y ait, pour l'ordinaire, chance de voir le raisonnement fondé sur l'examen de cet individu seul, être entaché de nullité à l'égard de l'espèce entière.

§ IV. — Les articles des *Prolégomènes* intermédiaires au Ier et au VIe renferment l'exposé du sujet à l'examen duquel doit servir la coordination des caractères indiqués précédem-

ment. Pour cela, nous avons rappelé dans le tableau déjà cité, page 6, quel était le nombre et quelle était la nature simple ou compliquée des ordres de parties du corps, rangés d'après cette complication et sur lesquels on doit constater les différents ordres de caractères énumérés aussi dans ce tableau. Ce classement naturel permet de parcourir, du simple au composé et du composé au simple, toutes les parties du corps, sans jamais rien omettre. En parcourant ces divers ordres de parties, on peut d'un seul coup d'œil se faire une idée générale, bien que très nette, de ce qu'est un organisme, de l'organisation animale ou végétale, en un mot; comme en leur appliquant chacun des ordres de caractères, on peut à chaque instant pénétrer dans la profondeur de chaque question, jusqu'aux moindres détails relatifs aux principes, éléments ou tissus, etc., qu'on étudie. On peut ainsi aller et venir de l'un à l'autre, en franchissant l'un quelconque d'entre eux, sans jamais se perdre ni dévier dans cette multitude de particularités offertes par les êtres organisés. Ce classement qui n'est que l'énumération de choses existantes, rangées suivant l'ordre de leur généralité et simplicité décroissante, ou *vice versâ*, tend à permettre à chacun de pouvoir réunir, autant que possible, une aptitude égale à la culture des vues d'ensemble et à la recherche des détails les plus minutieux destinés à infirmer, confirmer ou perfectionner ces vues, suivant leur nature.

Cette échelle des parties est établie de telle sorte que ce qui est commun aux éléments anatomiques l'est aux tissus, ce qui l'est aux tissus l'est aux systèmes, et ainsi de suite; mais il est des choses communes aux tissus qui ne le sont pas aux éléments, communes aux systèmes, et par suite aux organes, qui ne le sont pas aux tissus ni aux éléments. De là une grande simplification dans les études, puisque ce qui est connu pour l'un n'est plus à étudier dans l'autre et sert

de guide dans ce qu'il y a à examiner sur les autres parties.

Toutes ces parties, subdivisions DE L'ORGANISME, tous ces ordres de caractères ne font qu'un, sont réunis, *font corps;* mais les besoins de l'analyse en exigent la séparation, l'échelonnement successif. C'est pour ne pas avoir établi cette séparation, échelonnement avec enchaînement; c'est faute de ce procédé, c'est pour avoir voulu grouper en un seul ordre de choses des objets différents, que l'on tourne depuis si longtemps dans un cercle vicieux en pathologie, où l'on décrit sous un même nom les choses les plus diverses, où les notions générales sont exposées en même temps que les notions spéciales.

Chacun sent la nécessité de changer, de renouveler la manière d'étudier, mais nul n'en indique une nouvelle; chacun reste, à cet égard, dans de vagues généralités, nul n'indique le point de départ de cette rénovation. Nous pouvons maintenant mettre en relief ce fait, que les caractères dont nous avons parlé, étudiés sur les espèces de corps organisés ou de leurs parties, prennent une valeur, une importance d'autant plus grande que, parti de ceux d'ordre mathématique, on approche davantage de ceux d'ordre organique ou de structure. Ceux-là, en effet, étant entièrement propres aux corps organisés, il est naturel de trouver que c'est parmi eux que se rencontrent les particularités qui caractérisent essentiellement l'espèce organique étudiée. Les caractères d'ordre chimique viennent ensuite, mais ont déjà moins de valeur; ils ne sont pas aussi caractéristiques. Les caractères d'ordre organoleptique, dont quelques uns une fois mieux connus, rentreront partie dans ceux d'ordre chimique, partie dans ceux d'ordre physique, sont moins importants; il en est de même ensuite pour ceux d'ordre physique, puis ceux d'ordre mathématique.

L'évidence de la valeur de ces caractères, croissante ou

décroissante, suivant qu'on se rapproche ou qu'on s'éloigne de ceux d'ordre organique, devient plus manifeste dans l'examen des principes immédiats coagulables, que dans l'examen de ceux qui peuvent cristalliser. Elle devient plus manifeste encore dans l'étude des éléments, puis dans celle des tissus, davantage encore dans celle des systèmes, des organes et surtout des appareils. En physiologie et en pathologie, il en est encore de même qu'en anatomie. Il est à remarquer que ce n'est guère qu'aux caractères extérieurs de nombre, de volume, de situation, et surtout aux caractères physiques, de consistance, couleur, élasticité, qu'on a donné le plus d'attention; en anatomie pathologique surtout, d'où tant de statistiques et de classifications illusoires. Car on a négligé la nature des phénomènes, la structure réelle ou élémentaire des produits morbides, tandis que c'est l'inverse qu'il fallait faire; or il était difficile d'arriver à le nettement comprendre, tant que l'on manquait d'un classement méthodique, soit des parties du corps, soit des caractères qu'il faut rechercher sur chacune d'elles; classement qui seul peut en faire sentir la valeur.

§ V. — Nous avons montré ensuite que le contenu de cet ouvrage ne fait réellement aucun double emploi, ni à l'égard de la chimie, ni avec le reste de l'anatomie. C'est ce que montrera ensuite bien mieux le traité qui doit suivre celui-ci. Chaque principe immédiat est étudié ici séparément de tous les autres et de toutes les autres parties du corps, soit quant à la part qu'il prend en propre à constituer la substance organisée, soit quant à sa formation et à sa destruction. C'est encore la même chose qui sera faite dans le *Traité d'anatomie générale* auquel il vient d'être fait allusion, soit pour les éléments anatomiques, soit pour les humeurs, soit pour les tissus, puis les systèmes.

Ce que nous faisons là est donc bien de l'anatomie, c'est-à-dire de l'étude de l'organisation, puisque nous examinons

quelle est la constitution de la matière même du corps. Seulement, au lieu d'être des appareils, organes, systèmes, tissus ou humeurs, et éléments anatomiques, parties complexes, composées par d'autres, ce sont les parties mêmes qui les constituent que nous étudions; ce sont leurs *principes immédiats* ou parties qui les composent par union moléculaire réciproque, et qu'on en peut extraire de la manière la plus immédiate sans décomposition chimique.

Les tissus se divisent facilement en *éléments anatomiques*, fibres, cellules, et une branche de l'anatomie les étudie. Les humeurs se réduisent en principes immédiats, leur étude constitue encore une branche de l'anatomie; seulement, comme les éléments anatomiques empruntent leurs matériaux aux humeurs, les principes de celles-ci étant connus, ceux des éléments le sont aussi; sauf quelques espèces se formant dans les éléments eux-mêmes, ce qui entraîne à les réduire analytiquement à leur tour en principes, comme on l'a fait pour les humeurs, bien qu'au premier abord cela ne semble pas nécessaire.

C'est ici qu'il importe d'avoir toujours présentes à l'esprit les notions abstraites ou générales qui servent de guide dans l'étude de l'organisation, en nous faisant toujours envisager comme parties réelles de l'économie celles-là seules qu'on peut en retirer telles qu'elles s'y trouvent, telles qu'elles y remplissent un rôle. Sans cela on est inévitablement conduit à prendre pour principes immédiats les acides, ou les oxydes qui eux-mêmes les composent et ne remplissent pour tout l'organisme aucun rôle comme acide ou base; on est conduit à prendre pour principes beaucoup d'autres composés chimiques encore. Or c'est là précisément la cause du vague dans lequel on est resté sur la constitution de la substance organisée; la cause qui a empêché d'envisager anatomiquement les principes; qui, faisant croire que la

chimie enseignait tout ce qu'on doit connaître à cet égard, a fait si souvent prendre des raisonnements chimiques à propos des corps organisés pour de la physiologie. Comment ne pas être conduit là lorsque l'on considérait les sulfates de potasse et de soude extraits directement du sang comme un principe immédiat, l'acide sulfurique et la soude ou la potasse comme autant de principes. On procédait aussi de même pour les urates, pour les sels de la bile, puis pour tous les principes faciles à décomposer comme les substances coagulables, etc. C'est ici, disons-nous, qu'il importe d'avoir présentes à l'esprit les notions générales précédentes, qui font voir où il faut s'arrêter dans cette voie analytique, s'avançant tant que l'on opère encore sur de la matière organisée, et s'arrêtant juste à l'instant où une espèce de composé cristallisable ou coagulable est isolée de toute autre; car aller plus loin, c'est vouloir recommencer ce qui a été fait en chimie.

Notre œuvre est donc bien œuvre d'anatomie, mais anatomie portant sur des faits d'organisation qui, une fois connus, le sont non seulement pour tout un organisme, mais en même temps pour tous ou pour un très grand nombre d'êtres vivants. Cela est surtout vrai pour les principes immédiats, moins pour les éléments anatomiques, moins encore pour les tissus et les systèmes. D'où le nom d'*anatomie générale:* car ces connaissances sont communes à un grand nombre d'êtres. On a aussi employé les termes d'*anatomie abstraite* ou *transcendante*, parce qu'en effet il faut se placer ici à un point de vue plus élevé et plus abstrait quand on étudie ces parties-là du corps que lorsqu'on examine des organes, comme des os, des muscles, le nerf facial, etc., ou l'appareil digestif, l'appareil respirateur, celui de la vision, etc. Mais, *à part d'éminents anatomistes*, beaucoup de ceux qui se sont placés à un point de vue général ont tellement fait dominer dans leurs écrits ce qui était le produit de leur intelligence, que leurs

pensées ne se trouvent plus en rapport avec les objets dont ils parlent. D'où est venu que le public, autant qu'il nous a paru, considère trop les expressions précédentes comme synonymes de créations du cerveau humain extra-naturelles, pour que nous ayons pu les adopter sans inconvénients.

Le premier médecin qui a reconnu que l'*anatomie générale* était une des deux moitiés de l'étude de l'organisation, s'étant servi de ce terme-ci, il y aura toujours un point de repère dans l'histoire pour ceux qui ne le comprendraient pas encore ; on pourra toujours recourir à ce qui est resté anatomiquement vrai dans l'*Anatomie générale* de Bichat. L'étude des éléments anatomiques, ainsi que celle des principes immédiats, n'est en effet qu'une continuation de la voie suivie par cet anatomiste ; appliquée seulement à des parties du corps qu'il n'avait pu étudier.

§ VI. — Cette partie du travail exécutée, nous avons fait une étude générale des caractères de tous les principes immédiats, envisagés comme s'ils n'en faisaient qu'un, et nous avons examiné de la même manière la filiation des faits qui concernent cette étude.

Nous avons également examiné les procédés d'extraction des principes et ceux qu'on emploie pour les distinguer quand ils ont cessé d'être unis molécule à molécule les uns avec les autres, sans insister sur ce point, qui est du reste résumé dans les Préliminaires de l'explication des planches. Tout ce qui précède compose le premier volume. La description des principes envisagés isolément est le sujet des deux derniers volumes. Il est inutile d'en parler ici, ce qui ne se pourrait sans répétitions. Il n'en est pas de même du tome Ier.

Il est nécessaire de dire quelques mots de cette étude générale des principes, exécutée comme s'ils n'en faisaient qu'un. Ces généralités ne sont pas utiles dans le laboratoire ; mais il ne faut pas pour cela les croire inutiles, comme le

pensent beaucoup de personnes. Elles servent de guide dans l'exposé des caractères appartenant aux groupes de principes d'abord, et ensuite de chaque espèce isolément. Elles sont à cet exposé ce que les données abstraites ou philosophiques sur l'ensemble des sciences sont à chacune d'elles. En conséquence, elles servent d'intermédiaire indispensable entre ces données les plus générales et les faits ou détails eux-mêmes. La confusion de choses diverses dans laquelle tombent ceux qui croient pouvoir s'affranchir de cette nécessité vient précisément démontrer leur importance; témoin les ouvrages dont le second volume paraît avant le premier, les détails précédant les généralités qui devraient servir à les coordonner.

Cette description commune fait saisir, en outre, un certain nombre de résultats importants auxquels conduit l'étude des principes immédiats.

Nous allons formuler ici ceux qu'il est essentiel de connaître pour comprendre plus facilement les détails minutieux, les notions abstraites inhérentes au sujet même dont nous traitons; ce qui est certainement une des causes qui ont rebuté souvent dans son étude, bien qu'elle soit indispensable.

§ VII. — Un premier fait à noter et qui domine tous les autres, c'est que toute parcelle de substance organisée est composée de principes immédiats qui sont de trois classes ou ordres différents. La substance des ongles ne paraît même pas faire exception à ce fait général, et, s'il y a des exceptions, on ne les trouvera certainement que sur des *produits* très secondaires, puisque l'urine elle-même se subdivise en principes de ces trois classes.

On peut donc dire, à un autre point de vue, que la réunion de principes immédiats de trois ordres ou classes différentes unis molécule à molécule, est la condition d'existence de toute parcelle de la substance organisée.

En fait, rien de plus net que les caractères qui font ranger les principes immédiats en trois ordres, sauf deux ou trois espèces de la première classe qui présentent quelques caractères communs avec ceux de la seconde.

De ces principes les uns sont identiques avec ceux du règne minéral, cristallisables comme eux, etc.; de plus, ils en viennent et ils y retournent. Ils ne font que passer, sans s'arrêter dans l'organisme, sauf une partie de quelques espèces, les phosphates terreux chez les animaux, plus la silice dans les plantes.

D'autres sont cristallisables aussi, mais la quantité de carbone, d'hydrogène ou d'azote qu'ils renferment les fait distinguer facilement; de plus, ils se forment dans l'économie, et ils n'y séjournent pas; dans l'organisme seulement se trouvent les conditions de leur formation, sauf quelques-uns, comme l'urée, qu'on peut fabriquer artificiellement; ils tendent à être expulsés aussitôt après leur formation, ils sont, comme on dit, excrémentitiels.

Enfin, il est de ces principes qui sont coagulables quand ils sont liquides, et nullement cristallisables; ils se forment et se défont dans l'organisme, qu'ils constituent essentiellement. Ils ne peuvent ni être formés artificiellement de toutes pièces, ni être ramenés par l'analyse à un nombre fixe et défini d'équivalents chimiques.

Les espèces sont nombreuses dans chaque classe, et se partagent généralement en deux et jusqu'à quatre tribus très naturelles aussi. Or, suivant que dans une portion de la substance organisée quelques espèces de telle ou telle classe l'emportent en quantité, la substance organisée présente un cachet particulier.

Constituant la partie principale de la substance des éléments anatomiques de chaque tissu, les espèces de la troisième classe leur donnent le cachet qui leur est propre et

forment ainsi la partie fondamentale de l'organisme, des solides surtout. A elles seules, pourtant, elles ne sont rien, et toujours des espèces de la première et de la deuxième classe leur sont unies molécule à molécule, accessoirement quant à la masse, mais indispensablement quant à la persistance et aux actes. Servant de véhicule, les espèces de la première classe l'emportent au contraire dans les humeurs, celles surtout qui sont récrémentitielles, et leur donnent leur cachet ; celles de la troisième ne sont ici qu'accessoires et encore plus celles de la deuxième. Tels sont les salives, les sucs gastrique et pancréatique ; fait en rapport avec leurs propriétés générales. Formées dans l'organisme, n'y séjournant pas, les espèces de la deuxième classe (associées à celles de la première classe qui sortent en servant de véhicule) l'emportent dans les humeurs excrémentitielles, comme l'urine, ou excrémento-récrémentitielles, comme la bile. Les espèces de la troisième classe sont ici encore plus accessoires au point de vue de la masse, etc., que partout ailleurs.

Que maintenant on jette un regard en arrière sur cet ensemble de faits démontrés par l'étude de chaque principe, envisagés l'un après l'autre, d'après l'ordre tracé par l'enchaînement des caractères dont nous avons parlé, et l'on verra que l'on ne saurait, en effet, concevoir un organisme qui ne fût constitué : 1° par des principes venant du dehors, empruntés au milieu ambiant et nous mettant en relation avec lui ; 2° par d'autres principes formés au dedans et retournant dans le milieu extérieur ; 3° enfin, par des principes se formant et se décomposant au dedans, constituant la partie fondamentale de l'organisme. Ces dernières espèces de corps sont véritablement organiques, jouissent d'une certaine indépendance à l'égard des autres principes et du monde extérieur, ce qu'elles doivent aux faits de leur composition non définie, de leur non-cristallisation ;

faits sans lesquels l'être serait une agrégation de composés chimiques, à l'égal des roches et des terres, et non un organisme.

C'est pour n'avoir pas connu les actes lents, mais une fois commencés, se continuant dans toute la masse de la substance, actes appartenant en propre aux substances organiques, que les questions relatives aux maladies épidémiques, contagieuses, et dues aux infections paludéennes, etc., sont encore dans le vague. C'est pour avoir méconnu ces faits que des médecins ont pu être embarrassés par ceux qui (admettant que des actes peuvent, quant à l'intensité, ne pas être en rapport avec leurs conditions d'accomplissement, que des effets considérables peuvent être produits par des doses infiniment petites) ont demandé quelle était la quantité du principe particulier absorbé, dans le cas, par exemple, de la transmission de la scarlatine. Comment, en effet, résoudre mille questions infiniment plus sérieuses que celle-là, si l'on ignore les propriétés de chacune des espèces de principes qui forment la substance même de l'organisme; propriétés minutieuses à étudier, peu tranchées dans leurs lentes manifestations, comme nombre de phénomènes chimiques, mais qui n'en sont pas moins accessibles pourtant à nos sens?

§ VIII. — Tels sont quelques uns des faits que nous enseigne l'étude des principes immédiats, faits réels et faciles à vérifier par de simples souvenirs des notions familières à tout le monde. Mais, pourtant, ils restent la plupart sans application, faute d'un guide qui puisse les faire servir à l'amélioration même de cette substance organisée, sans laquelle il n'y a pas d'amélioration possible de la santé; car celle-ci n'est que l'expression générale de l'état de cette matière.

Il serait facile de conduire ainsi, peu à peu, le lecteur à d'autres faits plus minutieux, et tout aussi réels que ceux-là. Mais à partir du point où nous sommes, les tables des ma-

tières peuvent suffire ; car plus loin il faudrait entrer dans la description des tribus et des espèces. Ici même, malgré tout ce que présente de minutieux et de difficultés pratiques l'étude de ce sujet, nombre de faits sont aussi positifs que les précédents. Mais, si beaucoup de détails sont connus, nous ne craignons pas de dire qu'il en reste beaucoup à connaître, et, nous n'hésitons pas à l'avouer, précisément parce que les plus importants sont déterminés d'une manière positive. Rien de plus nuisible, rien qui marque plus l'inintelligence scientifique que ce mode d'exposition oral ou écrit, qui consiste à présenter toutes les questions comme arrivées à un point tel qu'on ne doit pas songer à y apporter de changement. Rien ne montre plus l'ignorance de la valeur relative des notions d'ensemble restant vraies pour le plus grand nombre des principes immédiats, par exemple, mais susceptibles d'être perfectionnées dans les détails ; d'où une aptitude de plus en plus grande de ces notions à être appliquées à nos besoins.

L'examen et la découverte de quelques caractères de certains principes bien déterminés demeurent encore à faire. On verra surtout que les conditions de formation de beaucoup d'entre eux, pris en particulier, sont à étudier, bien que celles qui concernent la classe ou la tribu entière soient connues d'une manière générale, d'après ce qui concerne les principales espèces. Enfin, nous avons réuni dans les trois premières sections du livre IV les corps dont l'étude, en tant que principes, est à reprendre partiellement ou totalement.

§ IX. — Nous venons de faire allusion aux conditions de formation des principes immédiats. Nous avons séparé dans notre livre ce qui concerne l'étude des conditions de formation de l'examen de la nature des actes qui la caractérisent. Nous l'avons fait en raison de l'importance qu'il y a, à ne pas confondre ensemble les questions statiques et dynami-

ques; même dans les cas où leur séparation exige le plus haut degré d'abstraction, comme en chimie, par exemple, et dans l'étude de la nutrition, du développement, etc. Cet examen, auquel pouvait seule conduire l'étude anatomique des principes immédiats, donne les résultats suivants, énoncés ici sans distinction méthodique des actes et des conditions d'action, faute d'espace.

La formation de certains principes et la décomposition d'autres espèces, s'accomplissant simultanément dans une substance particulière, à savoir la substance organisée constituée comme il vient d'être dit, voilà ce qui caractérise l'acte organique appelé *nutrition*. Les résultats généraux de cet acte élémentaire sont manifestés extérieurement à l'autre extrémité de la physiologie, par la fonction de *digestion* qui introduit les matériaux solides et liquides de formation, et par la fonction d'*urination* qui rejette les espèces produites par la décomposition d'autres corps, ainsi que les matériaux qui ne font que passer. La *respiration* manifeste extérieurement les deux actes à la fois pour les gaz, double fait qui repose sur les conditions physiques d'endosmose et d'exosmose des gaz.

On est conduit à reconnaître que les actes envisagés séparément, les uns relatifs à la formation de certains principes, les autres à la décomposition d'autres espèces (dont les éléments chimiques servent à la formation dont nous venons de parler), ne s'opèrent pas d'après les lois des doubles décompositions, de la combustion et autres actes chimiques manifestés par les corps minéraux.

Il existe un autre ordre d'actes chimiques, plus lents, plus réguliers, plus calmes que les précédents, si l'on peut ainsi dire; ils n'en ont pas la brusquerie, l'énergie, la fixité. On les a nommés *actes chimiques indirects*, *catalytiques* ou *de contact*. C'est d'après cet ordre d'actes chimiques

que s'opèrent la formation et la décomposition des principes immédiats, de la très grande majorité du moins, et surtout des plus abondants. En n'envisageant qu'un seul côté de la nutrition isolément, celui de la formation des espèces ou celui de leur décomposition, on reconnaît que chacun de ces actes pris isolément est chimique, qu'il se passe dans l'organisme des phénomènes chimiques, comme il y en a de physiques et de mécaniques. Or ces actes chimiques sont, pour la très grande majorité, de cet ordre-là; et il s'en passe quelques uns qui sont des actes chimiques directs : ce sont des doubles décompositions, mais non pas des combustions.

L'étude anatomique des principes immédiats fait découvrir les conditions d'existence de ces actes. C'est dans la substance organisée au sein de l'économie qu'on en trouve le type naturel; c'est dans cette matière qu'on les observe avec leur plein développement. Les catalyses apparaissent à l'état type, parallèlement à l'existence de corps cristallisables ne se formant que dans les êtres vivants, à côté de l'existence de composés non cristallisables et de composition chimique non définie, se formant et se décomposant à l'état naturel dans le tout dont ils sont partie constituante. Il faut venir les observer là, à leur source, pour s'en faire une idée qui ne soit ni exagérée ni amoindrie.

C'est parti de là, que tout à fait empiriquement et avec beaucoup de confusion, faute de ces notions générales dont on se moque quelquefois : c'est parti de là qu'on a obtenu artificiellement des modifications importantes de ces phénomènes, à l'aide des *principes cristallisables* d'origine végétale sous le nom de *fermentations*, et avec les *substances coagulables* sous celui de *putréfactions;* mais normalement ces modifications ne s'observent pas dans l'économie.

Lorsque par accident ces conditions s'y rencontrent, le fait a lieu, et il est dit morbide. C'est artificiellement que nous

les obtenons d'ordinaire et les modifions; mais aussi ils ont une intensité et un caractère de netteté qui ne se voit pas dans l'économie. Là s'observent seulement les actes dits *catalyses combinantes isomériques* et *avec dédoublements*, types des actes chimiques indirects ou de contact, en même temps que ce sont les moins énergiques dans leurs effets.

C'est l'exposition de ces résultats et perfectionnements à l'égard de la chimie qui a nécessité quelques digressions, faute de les avoir trouvés dans les traités de chimie.

§ X. — Il résulte de l'étude ainsi poursuivie pour chaque principe immédiat :

1° Qu'il y a des *espèces* de principes qui naissent dans l'organisme animal aux dépens de celles empruntées à d'autres êtres, lesquelles disparaissent en tant qu'espèces;

2° Que, par conséquent, l'organisme animal n'est pas comparable à une machine dans laquelle on met des matériaux d'un côté, dont les éléments arrivés à un autre état ressortent, d'une autre part, après avoir eu seulement une action *physique* sur les parties de la machine en passant entre elles, sans action moléculaire sur ces parties mêmes. S'il en eût été autrement, l'organisme végétal susceptible de former des principes, eût été supérieur à l'organisme animal susceptible seulement de les détruire.

Pendant que se forment un peu de chacune des espèces coagulables d'un côté, une partie des mêmes espèces se détruit d'un autre; mais cela dans les parties mêmes formées de ces espèces, hors du sang; en sorte qu'il y a dans ces parties, arrivées molécule à molécule, des matériaux qui forment un peu de l'espèce préexistante, tandis qu'il en sort en même temps un peu molécule à molécule formant d'autres espèces.

Ainsi, loin qu'il y ait simple passage des principes qui ne feraient, en plus grande partie du moins, que passer dans le sang à l'état inorganique en quelque sorte, et y servir

comme combustibles, ils entrent bien molécule à molécule dans les organes de l'individu, et s'y fixent moléculairement pour un certain temps. C'est bien moléculairement aussi qu'en sortent les matériaux des principes azotés rejetés. Loin de n'agir que sur une petite partie des aliments ingérés, l'assimilation (passage d'un état spécifique à un autre) agit sur tout ce qui pénètre dans le sang, et le foie est là pour un premier acte (sucre, etc.), auquel il offre les conditions d'accomplissement.

L'étude des principes immédiats, avons-nous dit, fait connaître que la constitution de la substance organisée est, comme on dit, soumise à des lois dont la cause première nous reste inconnue. Elle fait passer en revue tous les actes élémentaires, soit physiques, soit chimiques de la nutrition, et par suite de la sécrétion, de l'absorption, etc., et en outre de la digestion, de l'urination et de la respiration. Elle montre ces actes élémentaires soumis également à des lois, fixes et invariables, et ne présentant de variations sous aucune autre influence que celle de conditions physiques et chimiques déterminées ou susceptibles de l'être. Or comme sur les propriétés de tissu et sur les fonctions de la vie organique qui précèdent, reposent toutes celles de la vie animale, comme celles-ci ont les premières pour condition d'existence bien qu'elles n'en soient pas une conséquence, la connaissance de ces lois apporte une grande netteté dans l'examen des actes complexes de l'organisme. Elle conduit à en formuler les lois réelles, sans être conduit à supposer l'existence d'entités diverses et illusoires pour se rendre compte de faits inexplicables; mais inexplicables seulement parce qu'on ne les a pas rattachés à leurs conditions élémentaires d'existence, parce que les lois de ces actes élémentaires restaient inconnues. Il importe de noter qu'en étudiant ce qu'il y a de plus élémentaire dans l'organisme, nous n'avons

pas cherché la cause première de l'existence dans l'économie de tel ou tel principe, le pourquoi de la présence de tel sel, etc., plutôt que de tel autre, fait évidemment inabordable. Nous avons pris les choses telles qu'elles sont, et nous nous sommes bornés, seule poursuite utile, à chercher quelles sont les conditions de pénétration ou de formation dans l'organisme des diverses espèces de principes; à constater sur ces principes les caractères d'ordre physique et chimique qui rendent compte des actes manifestés par l'être entier; de manière à pouvoir par la suite modifier, améliorer les appareils et les fonctions, en modifiant les faits élémentaires dont une fonction représente un certain nombre, s'accomplissant simultanément dans tel ou tel appareil.

§ XI. — Plus d'un lecteur jugera sans doute notre livre peu savant, parce qu'il ne s'y trouve guère de formules, de discussions, d'hypothèses et formules chimiques sur la formation, dans l'économie, de l'urée, du sucre, etc., ni un certain nombre d'hypothèses nouvelles et plus ou moins séduisantes sur ce sujet. Nous pensons qu'il s'en rencontrera un nombre au moins égal qui sauront reconnaître avec nous le peu d'avantages de cette prétendue manière de faire de la science, dans laquelle on ne tient compte que des arrangements possibles des éléments chimiques à l'aide des formules, sans prendre en considération la disposition anatomique intime des organes où a lieu le phénomène. Il suffit de voir ce que sont devenues devant l'expérience les hypothèses de ce genre, pour ne pas être tenté de continuer cette voie.

Nous avons préféré nous borner à reconnaître simplement la succession d'actes moléculaires spéciaux, dits de contact ou catalytiques, que présentent dans l'économie les principes immédiats de la deuxième et de la troisième classe, d'où résultent la formation des uns et la disparition des autres, ou mieux leur passage d'un état spécifique à un autre. C'est là

un ordre d'actes dont le type se trouve dans les êtres organisés. N'ayant été suivis que pour un petit nombre d'espèces, on ne peut les exposer en détail que pour une partie d'entre elles. Mais, en revanche, on peut vérifier par l'expérience l'idée générale qu'on se forme du fait, et partir de l'idée générale pour modifier cet acte en changeant les conditions de l'expérience : double vérification sans laquelle nulle théorie ne peut être considérée comme exacte et à laquelle n'a pu résister aucune des hypothèses chimiques auxquelles nous avons fait allusion.

Les faits que nous mettons à la place de celles-ci sont plus relatifs, moins absolus, et partant moins nets, moins simples, moins faciles à saisir, car le moindre changement dans les conditions les fait varier, eux et leurs produits; mais c'est là le propre de tout ce qui se passe dans l'organisme vivant et l'éloigne de la machine. Il est fâcheux, sans doute, d'être obligé d'étudier des choses plus compliquées que celles qu'on observe en chimie et de ne pas voir ce que nous enseigne le creuset se retrouver sans modifications incessantes dans l'économie; ce qui aurait dispensé d'étudier l'anatomie et la physiologie, au moins *générales*, dès qu'on aurait su la chimie. Mais il faut avant tout avoir le courage de considérer les choses telles qu'elles sont, ou sinon renoncer à s'occuper de cet ordre d'idées; car alors, tandis qu'on croit s'occuper à quelque œuvre réelle et durable, on ne fait qu'entasser des phrases, des signes et des chiffres éphémères à propos de la réalité qu'on laisse de côté.

§ XII. Nous avons dit plus haut (page VI) que cet ouvrage traite de la première partie de l'anatomie générale; nous devons prévenir que son étendue ne doit rien faire préjuger de celle des autres subdivisions. Celle-ci a pris une extension égale à celle de toutes les autres ensemble, bien que par la suite elle doive naturellement finir par être la

plus courte. La raison de ce fait est que : 1° jamais ce sujet n'a encore été envisagé, ni anatomiquement, ni dans son ensemble; 2° que nous avons dû mentionner beaucoup de travaux qui n'ont aucune valeur réelle, bien qu'ils aient paru en avoir autrefois : c'est ce que montrent nos historiques et le IVe *livre*. Nous avons cherché à n'en pas oublier, mais il est facile de voir que cet exemple, nécessaire aujourd'hui, n'aura plus besoin d'être imité.

Nous n'avons pas parlé, dans cette préface, des procédés d'extraction et d'examen des principes immédiats, bien que ce sujet soit d'une certaine importance. Il en est question dans les PRÉLIMINAIRES du texte qui précède l'explication des planches de notre Atlas. La nature de cet ouvrage exigeait en effet que les espèces cristallisables de principes immédiats fussent représentées, ce dont sentiront la nécessité ceux surtout qui pousseront leurs études au-delà d'une simple lecture et se livreront aux recherches de laboratoire. Aussi, guidés par l'expérience, nous avons mis le plus grand soin à la représentation exacte des cristaux, dans les limites de ce que peut donner la gravure, qui est indispensable en ce genre de figures, et laisse peu à désirer ici dans la manière dont elle a été exécutée.

L'impression de cet ouvrage a été commencée en mai 1851. Depuis cette époque, les feuilles en ont été déposées à la Société de biologie à mesure du tirage.

Paris, le 25 septembre 1852.

ERRATA DU TOME PREMIER.

Page 6, ligne 1, *au lieu de :* envisagées, *lisez :* envisagés.
— 6, — 3, *au lieu de :* LES AGES, comprenant, *lisez :* 2. LES AGES comprenant à propos des caractères d'ordre organique l'étude des variations de caractères lors de...
— 65, — 25, *au lieu de :* connaître, *lisez :* commettre.
— 88, — 10, *au lieu de :* l'espèce, *lisez :* l'individu.

Page 135, 2e tableau, *ajoutez :* 12. Mucosine; 13. Cristalline; 14. Hématosine; 15. Biliverdine; 16. Mélanine; 17. Urrosacine.
— 137, ligne 6, à partir du bas, *au lieu de :* sur les principes, *lisez :* sur les composés.
— 137, — 33, — *au lieu de :* et des artères est modifiée quand on les mélange à, *lisez :* est modifiée quand on la mélange à...
— 138, 2e tableau, *ajoutez :* 13. Cristalline; 14. Hématosine; 15. Biliverdine; 16. Mélanine; 17. Urrosacine.
— 181, — 19, *au lieu de :* de l'acide, des hippurates, etc., *lisez :* de l'acide urique, des hippurates, etc.
— 190, — 6, *au lieu de :* substance organique, *lisez :* substance organisée.
— 190, — 15, *au lieu de :* on y trouve la substance organique, *lisez :* on trouve dans toutes les parties du corps la substance organisée.
— 190, avant-dernière ligne, *au lieu de:* substance organique, *lisez:* substance organisée.
— 191, — 12 et 31, même correction.
— 206, *ajoutez au tableau:* 12. Cristalline; 13. Hématosine; 14. Biliverdine; 15. Mélanine; 16. Urrosacine.
— 217, 4e avant-dernière ligne, *au lieu de :* ou animal, *lisez:* ou l'animal.
— 224, au n° 30 du tableau, *au lieu de:* glyocholate de soude, *lisez:* glykocholate de soude.
- 256, ligne 6, *au lieu de:* 216, pages 229 et 230, *lisez :* §§ 213 et 214, pages 228, 229 et 230.
— 253, au titre, *au lieu de :* PROPRIÉTÉS QUE PRÉSENTENT, *lisez :* ACTES QUE MANIFESTENT.
— 285, ligne 6, *au lieu de:* 1° condition, *lisez :* 1° conditions.
— 289, — 31, *au lieu de:* Les autres sont aussi des, *lisez:* Les autres sont des.
— 291, — 14 et 15, *au lieu de :* il est indispensable de le connaître, *lisez :* elle est indispensable à faire.
— 297, au tableau, *ajoutez:* 13. Carbonate de chaux; 14. Bicarbonate de chaux.
— 308, ligne 20, *au lieu de:* partie accessoire, *lisez:* partie préliminaire.
— 322, — 3, *au lieu de:* Par analyse, *lisez:* Par analyse immédiate.
— 363, dernière ligne, *au lieu de* : destination, *lisez :* distinction.
— 379, *au lieu de:* 2° phosphate de magnésie, *lisez:* phosphate de soude.
— 379, retrancher: 11. Acide pneumique.
— 381, au tableau, *ajoutez :* 4° Acide pneumique.
— 509, ligne 1, *au lieu de :* parfaite, *lisez :* par suite.
— 509, — 3, *au lieu de :* plusieurs, *lisez :* et plusieurs.
— 513, — 9, *au lieu de :* elle a lieu, *lisez :* elle agit.
— 517, — 18, *au lieu de :* sucre, *lisez :* suc.
— 658, — 9, *au lieu de :* espèce anatomique, *lisez :* espèce de substance organique.
— 658, dernière ligne, *au lieu de :* se trouve ainsi également perfectionné, *lisez :* se trouvent ainsi également perfectionnés.
— 659, ligne 5, *au lieu de :* qu'elle ne peut, *lisez :* qu'elle peut.
— 659, — 23, *au lieu de :* qu'il en est certaines chez, *lisez :* qu'il en est chez.
— 659, — 24, *au lieu de :* en se combinant, *lisez :* qui, se combinant.
— 659, — 26, *au lieu de :* ils pussent, *lisez :* qui pussent.

ERRATA DU TOME II.

Page 11, ligne, 12, *au lieu de :* suivant, *lisez :* précèdent.
— 15, — 24, *au lieu de* : sans les connaître déjà, *lisez :* sans connaître déjà celles-ci.
— 16, — 26, *au lieu de :* des matériaux des autres parties, *lisez :* des parties.
— 48, note (1), *au lieu de :* 1791, *lisez :* 1814.
— 49, note (7), *ajoutez :* page 337.
— 61, ligne 4, *au lieu de :* moléculaires que, *lisez :* moléculaires ou chimiques que.
— 61, — 5, *au lieu de :* actes-là, *lisez :* actes-ci.
— 62, — 16, *au lieu de :* qui, *lisez :* mais qui.
— 62, — 18, *au lieu de :* Mais elle, *lisez :* Mais cette idée.
— 62, — 19, *au lieu de :* et qui n'offre, *lisez :* et elle n'offre.
— 62, — 36, *au lieu de :* qui se forme, *lisez :* qui se forment.
— 146, note (11), avant ANN. DE CHIMIE, *ajoutez : second mémoire sur la transpiration*, 1814.
— 193, 3e alinéa, *au lieu de :* si ce tableau, *lisez :* si le résultat indiqué par ce tableau.
Dans l'entête de la feuille 15, *au lieu de :* ch. XIII, *lisez :* ch. XV.
— 335, ligne 16 de la note (1), *au lieu de :* de carbonate, *lisez :* des carbonates.
— 344, — 3, du § 949, *au lieu de :* margarine, *lisez :* margarine des globules de lait.
— 344, — 4, du § 949, *au lieu de :* solide, *lisez :* solide ou demi-solide.
— 353, — 3, du § 959, *au lieu de :* la formation, *lisez :* de formation.
— 456, — 23, *au lieu de :* fig. 2, *lisez :* fig. 3.
— 464, — 20, *au lieu de :* montrent, *lisez :* montre.
— 482, — 23, *au lieu de :* en est la formule, *lisez :* en indique le poids atomique.
— 491, — 7, *au lieu de :* La créatine, *lisez :* La créatinine.
— 499, à la synonymie, *ajoutez* : Urinine (HUENEFELD, *Lehrb. der physiologischen Chemie*, Leipzig, 1827, in-8°, t. II, p. 111).
— 526, à la synonymie, *ajoutez :* Uronoxyde (Huenefeld, *Lehrb. der phys. Chemie*, Leipzig, 1827, t. II, p. 161).

ERRATA DU TOME III.

— 6, — 1, *au lieu de :* savons de, *lisez :* savons du sang dans les cas de.
— 15, — 11, *au lieu de :* pileules sont remplies, *lisez :* pileuses sont remplis.
— 51, *au lieu de :* L'observation de M. Tavignot, *lisez :* L'observation de M. Tavignot, confirmée par M. Lebert (Du synchisis étincelant, *Compt. rend. et mém. de la Soc. de biologie*, 1850, in-8, 139).
— 97, — 19, *au lieu de :* Butyrolène, *lisez :* Butyroléine.
— 359, avant-dernière ligne, *au lieu de :* Magaus, *lisez :* Magnus.
— 376, — 2 de la synonymie, *au lieu de :* je tiens, *lisez :* je teins.
— 383, *au lieu de :* Ce genre d'analyse est, *lisez :* Ce genre d'analyse considéré autrement que comme un préliminaire est.
— 416, — 29, *au lieu de :* normaux, *lisez :* bien déterminés.
— 502, dernière ligne, et page 503, note 1, *au lieu de :* Weiderbusch, *lisez :* Weidenbusch.

TRAITÉ

DE

CHIMIE ANATOMIQUE

ET PHYSIOLOGIQUE.

PROLÉGOMÈNES.

—

1.— On donne le nom de *Prolégomènes* à l'énoncé des notions qu'il est nécessaire de posséder pour comprendre une science ou ses subdivisions, et saisir sa liaison, tant avec les sciences qui lui servent de base, qu'avec celles dont elle est un des points d'appui.

Celles qu'il importe de connaître pour comprendre l'histoire des principes immédiats, pour être pénétré de sa nécessité et en saisir pleinement le but, sont les suivantes.

1° Il faut savoir que toutes les parties qui concourent à constituer l'organisme rentrent dans le domaine de l'anatomie;

2° Il est nécessaire de concevoir nettement quelles sont les attributions de l'anatomie, de la physiologie et de la chimie. Sans cela on rapporte à ces deux dernières ce qui appartient à la première, et cette transposition, quoique insignifiante en apparence, conduit bientôt à une confusion dont les conséquences sont de frapper de stérilité, au bout de peu de temps, chacun des ordres d'études qui a été déplacé. De plus, on confond bientôt l'objet des études avec les moyens d'exploration, moyens qui peuvent être les mêmes dans des sciences dont le but est tout différent.

3° Il faut démontrer spécialement que l'histoire des prin-

cipes immédiats fait partie de l'anatomie, et qu'elle constitue l'une de ses subdivisions.

4° Il faut examiner les objections faites à cette détermination d'attributions scientifiques et répondre à ces objections.

5° Il importe de connaître, d'après des exemples spéciaux, les avantages résultant pour l'anatomie, la physiologie normale ou pathologique et pour la chimie, de l'étude des principes immédiats, quand elle est faite, où, et comment elle doit l'être.

6° Il faut enfin être fixé sur le sens de certaines expressions, telles que celles de *principes immédiats*, *espèces*, etc. Comme elles sont employées dans diverses sciences avec un sens qui n'est jamais exactement le même, parce que, dans chacune d'elles, on se propose un but différent, elles donneraient lieu à amphibologie si elles n'étaient préalablement définies. Cette dernière précaution, quoique peu importante dans certaines sciences, l'est au contraire beaucoup, comme l'a bien fait sentir M. Chevreul, dans celles où il faut incessamment faire application des connaissances chimiques.

ARTICLE PREMIER.

L'étude de tous les ordres de parties qui concourent à constituer l'organisme rentre dans les attributions de l'anatomiste.

2. — L'Anatomie est une branche de la Biologie qui a pour *sujet* d'étude les corps organisés considérés en tant qu'aptes à agir, à l'état de repos, et pour *objet ou but* la connaissance de leur organisation ou constitution.

Cette connaissance pouvant être ramenée à la notion d'un certain nombre de *faits généraux* ou *lois*, on dit quelquefois que l'anatomie a pour but la connaissance des lois de l'organisation.

Qui dit anatomie ne dit pas nécessairement dissection ; ce serait prendre le moyen pour la destination. Chacun des ordres de parties de l'économie présente quelque particularité dans l'emploi des moyens d'analyse anatomique, moyens qui doivent être toujours appropriés à la nature des parties qu'on se propose d'étudier, et au but qu'on se propose d'atteindre.

Dépassant donc la signification étymologique du mot qui la désigne, la science qui a pour objet d'arriver à connaître l'organisation commence à envisager l'organisme à étudier, dans son ensemble, comme un tout, tel qu'il se présente à nous, pour en poursuivre tous les caractères successivement, quels qu'ils soient (1). Rien de plus naturel, en effet, que de commencer par étudier en lui-même l'organisme que l'on doit disséquer, sous tous les mêmes points de vue qui nous servent habituellement de guide dans nos recherches sur toutes ses parties, telles que appareils, organes, systèmes, etc.

En tant que corps, l'homme et tous les autres êtres ont des caractères d'*ordre mathématique*, c'est-à-dire, une situation, des dimensions, une forme, une durée ou étendue dans le temps. Ils ont des caractères d'*ordre physique :* tels sont sa consistance, son élasticité, poids, densité, hygrométricité, température, couleur, etc.... Ils ont de plus des caractères d'*ordre chimique* qui comprennent : 1° l'étude de l'action chimique des agents physiques, action toujours décomposante ; 2° des actions chimiques des corps simples ou composés : ce sont des actions de combinaison ; 3° l'étude des faits précédents conduit à reconnaître que la substance de l'organisme est constituée par l'union de *principes immédiats* qui sont, les uns des composés chimiques définis, cristallisables, les autres des *substances organiques* non cristallisables ; 4° de la connaissance des principes immédiats on peut déduire la connaissance médiate ou élémentaire des corps. Les corps ont encore des caractères d'*ordre organoleptique*, tels que l'odeur, la saveur, etc...

Enfin ils ont des caractères qui n'appartiennent à aucun des corps naturels du règne minéral, sans analogues avec eux ; caractères qui sont essentiellement propres aux êtres que nous étudions, et qui, en raison de cela, ont mérité un nom particulier, différent des expressions dont nous venons de nous

(1) ANATOMIE. Τεμνειν, séparer, diviser, couper exactement; ανα, en composition, marque réduplication, répétition : *dis-secare*.

servir. La dénomination adoptée est celle de *caractères d'ordre organique*. Ces caractères, pour le corps pris dans son ensemble, consistent en ce qu'il se divise en parties essentiellement distinctes et d'ordres divers quant à la complication; ou *vice versâ*, en ce qu'il est constitué par divers ordres de parties, distinctes par leur simplicité ou par leur complication, laquelle n'est pas la même pour chacun de ces ordres de parties. Ainsi, par exemple, le corps se divise en *parties extérieures ou superficielles*, et *parties intérieures profondes ou internes*.

Les parties extérieures sont la *tête*, supportée par le *cou*, qui repose sur le *tronc*, auquel sont attachés les *membres*, et qui est terminé par la *queue*.

Les parties intérieures sont les *appareils* qui se subdivisent en *organes*, lesquels se groupent *en systèmes*, divisibles en *tissus et humeurs*, lesquels sont susceptibles d'être ramenés à un certain nombre d'*éléments anatomiques et de principes immédiats* par division successive, sans décomposition chimique proprement dite.

C'est au tout, formé par la réunion intime de la totalité de ces parties, qu'on donne le nom d'*organisme*.

Voilà autant de notions distinctes que présente l'analyse anatomique de tout animal, et qu'il faut toujours avoir présentes à la mémoire, lorsqu'on fait cette étude, sous peine d'erreurs incessantes et de diverses natures. Il faut toujours savoir, en traitant un sujet anatomique, si c'est de l'élément, du tissu, du système, de l'organe ou de l'appareil qu'on parle. Si l'on se laisse aller à traiter de tous ces points de vue à la fois, à confondre toutes les considérations qui s'y rapportent, en un même chapitre, il y aura nécessairement omission de ce qui regarde l'élément ou de ce qui concerne le tissu, le système, etc. : le sujet sera donc incomplétement traité, ou bien deviendra obscur parce qu'on attribuera aux organes, par exemple, des notions appartenant aux appareils, ou réciproquement. Si l'on ne procède ainsi, il est impossible de parvenir jamais à dégager chaque sujet de cette multitude de détails inutiles qui

viennent encombrer les descriptions, masquer leurs côtés importants et empêcher d'établir entre eux la liaison qui seule peut les rendre clairs et utiles ou utilisables.

3. — Beaucoup d'anatomistes et de physiologistes surtou ont eu un vague sentiment de la nécessité de procéder de la manière indiquée plus haut et ont commencé leurs traités par une description zoologique, une classification du genre humain et des autres genres d'animaux. Mais quoique l'anatomie et la biotaxie se prêtent mutuellement secours, cependant l'anatomie précède la biotaxie et lui donne plus qu'elle ne lui emprunte. La description anatomique du corps animal faite, comme nous venons de l'indiquer, n'est pas une description biotaxique. Il s'agit ici d'une description des parties, sans établir encore de relation entre la disposition extérieure du corps et son organisation interne. Un tel mode de procéder serait une application anticipée de notions anatomiques sur la structure des parties profondes, puisque celles-ci ne sont pas encore étudiées. Les descriptions biotaxiques supposent déjà l'organisation connue; elles s'appuient principalement sur l'anatomie des parties extérieures du corps, qu'elles développent sous un point de vue spécial et nouveau; elles sont faites en mettant continuellement en évidence les rapports qui existent entre chaque saillie, dépression extérieure, etc., et les organes profonds, afin de réunir les êtres vivants, d'après leur conformation extérieure, en groupes naturels. Ces descriptions rappellent donc nécessairement quelques points de la description purement anatomique de chaque espèce de corps organisé; mais ce rappel a lieu en ajoutant incessamment aux faits empruntés à l'anatomie de nouvelles considérations et de nouveaux faits qui auraient été déplacés en anatomie. Ce qui fait que la description des mêmes parties est dans un cas biotaxique, tandis que dans l'autre elle est anatomique, c'est l'esprit qui la dirige, c'est le but ou objet qu'on se propose, d'atteindre, lequel diffère dans les deux cas.

4. — En *résumé*, il faut donc étudier successivement, de l'organisme considéré dans son ensemble comme un tout :

I. SES CARACTÈRES D'ORDRE MATHÉMATIQUE.

1. NOMBRE.
2. SITUATION. . . . . . . { Absolue, direction. Relative, symétrie.
3. ÉTENDUE OU DIMENSIONS. . { linéaires. superficielles. cubiques ou en volume.
4. FORME.
5. DURÉE.

* Devant être envisagées quand il y a lieu dans leurs variations suivant :

1. LES SEXES.
2. LES AGES, comprenant :... { la naissance ou formation : développement ou évolution, métamorphoses. la fin, mort ou terminaison.
3. LES RACES.
4. LES ESPÈCES.
5. LES ÉTATS ANORMAUX :... { tératologiques ou naturels. pathologiques ou accidentels.

II. SES CARACTÈRES D'ORDRE PHYSIQUE * (1).

1. ÉTAT, CONSISTANCE (conduisant à en prévoir la *structure* [*structus*, bâti, construit, constitué] par des parties solides, demi-solides, liquides et gazeuses).
2. HYGROMÉTRICITÉ.
3. ÉLASTICITÉ, SONORITÉ (*percussion*, *auscultation à l'état normal*).
4. POIDS, DENSITÉ, situation du centre de gravité.
5. TEMPÉRATURE.
6. COULEUR.
7. ÉTAT ÉLECTRIQUE. PHOSPHORESCENCE.

III. SES CARACTÈRES D'ORDRE CHIMIQUE *, comprenant la détermination :

1. DE L'ACTION CHIMIQUE des agents physiques (chaleur, lumière, électricité, etc.), *actions décomposantes*.
2. — CHIMIQUE des corps, simples ou composés, *actions de combinaisons* (*étude de l'influence des réactifs*).
3. DE LA COMPOSITION IMMÉDIATE ou par des composés chimiques définis et des substances organiques (*principes immédiats*).
4. — MÉDIATE ou élémentaire. (Elle se déduit de la précédente ; donc, en fait, elle n'a pas besoin d'être opérée pratiquement par l'anatomiste, car il la déduit de ses connaissances chimiques, une fois qu'il a effectué l'analyse organique ou anatomique immédiate.

IV. SES CARACTÈRES D'ORDRE ORGANOLEPTIQUE *.

a. **Externes.** . . . . { 1. IMPRESSIONS TACTILES et actions des corps sur la peau. 2. ODEUR. 3. SAVEUR.

b. **Internes.** . . . . 4. ACTION sur les éléments, tissus, etc., manifestée par un changement dans une ou plusieurs des fonctions.

V. SES CARACTÈRES D'ORDRE ORGANIQUE * ; c'est-à-dire d'un ordre spécial, nouveau, différant des précédents autant qu'ils diffèrent les uns des autres, et d'après cela méritant un nom propre et spécial.

Leur étude fait acquérir la notion parfaite de sa STRUCTURE, de tout ce qui le compose, de sa constitution par des parties de plus en plus simples, et en définitive irréductibles, lorsqu'on procède du composé au simple ou de l'étude du corps à celle de ses parties ; et *vice versâ*, là cesse toute notion de celles-ci quand on procède en sens inverse, du simple au composé ou de l'objectif au subjectif. L'étude des caractères organiques du corps conduit à :

a. **Son analyse anatomique extérieure**, ou division en parties extérieures, qui sont la. . . . . { 1. TÊTE, supportée par le 2. COU reposant sur le 3. TRONC, auquel sont attachés les 4. MEMBRES, et terminé par la 5. QUEUE.

b. **Son analyse anatomique intérieure**, ou division en parties profondes, qui sont les. . . . . { 1. APPAREILS, constitués par des 2. ORGANES distribués en 3. SYSTÈMES, formés par des 4. TISSUS ET HUMEURS composés d' 5. ÉLÉMENTS ANATOMIQUES ET DE PRINCIPES IMMÉDIATS.

Ou *vice versâ*, à :

a. **Son analyse anatomique intérieure**, ou division en parties profondes, qui sont les. . . . . { 1. PRINCIPES IMMÉDIATS ET ÉLÉMENTS ANATOMIQUES constituant les 2. TISSUS ET HUMEURS formant les 3. SYSTÈMES, distribués en 4. ORGANES composant les 5. APPAREILS.

b. **Son analyse anatomique extérieure**, ou division en parties externes, qui sont la. . . . . { 1. QUEUE et les 2. MEMBRES attachés au 3. TRONC, sur lequel repose le 4. COU supportant la 5. TÊTE.

(1) [illegible] toujours au premier astérisque de même forme.

5. — Après l'étude du corps ainsi envisagé, doit être faite sous les mêmes points de vue celle des parties extérieures, tête, cou, etc.; et graduellement celle des parties intérieures ou profondes doit l'être dans l'ordre indiqué, qui est celui de leur simplicité et généralité croissante. On termine alors par l'étude des principes immédiats, dernières parties que l'on puisse retirer de l'organisme, sans décomposition chimique, et au delà desquelles on ne saurait pousser la division anatomique sans détruire chimiquement les parties qu'il s'agit d'étudier. Chacune des parties reproduit les caractères du tout, sinon la totalité de ces caractères, au moins un certain nombre d'entre eux, mais toujours avec quelque particularité. Ainsi, la description du corps des animaux ou des plantes ne peut pas être embrassée par un seul ordre de considérations. Le corps se divise en effet en parties multiples, toutes d'ordres divers pour la complication, les unes plus complexes que les autres, et celles-ci plus simples que les précédentes. C'est là ce qui caractérise et constitue à la fois ce qu'on entend par organisation simple ou composée, selon le nombre des ordres de parties.

6. — L'anatomie, ayant pour but la connaissance de cette organisation, a donc pour domaine ou sujet d'études tous les ordres de parties qui constituent l'organisme, tous ceux qu'on en peut retirer sans destruction chimique proprement dite, depuis le corps entier jusqu'aux *composés qui le constituent immédiatement*, c'est-à-dire jusqu'aux principes immédiats. Nous disons jusqu'aux *composés qui le constituent immédiatement*, parce que la substance du corps n'est pas en réalité constituée par de l'azote, de l'hydrogène, de l'oxygène, du carbone, du chlore, du soufre, etc., mais bien directement par des corps résultant de l'union chimique de ces éléments.

7. — *Attributions de la biotaxie.* — On donne le nom de *Biotaxie*, ou de *Taxonomie*, à une *science qui a pour sujet les êtres organisés considérés à l'état statique* (en tant qu'aptes à agir), *et pour objet ou but la coordination hiérar-*

chique de tous les organismes connus en une série générale destinée ensuite à servir de base indispensable à l'ensemble des spéculations biologiques.

La biotaxie s'appuie et repose sur l'anatomie, elle la suppose connue au moins quant aux faits les plus généraux. Ainsi, par exemple, elle suppose connu de quelle manière s'enchaînent, se lient les unes aux autres, tout en restant distinctes, les considérations anatomiques relatives aux diverses parties qui composent les corps organisés, et dont nous venons de donner l'énumération. Celles que nous avons énumérées les dernières sont les plus générales, les plus simples, les plus indépendantes des autres. C'est le contraire pour celles dont nous avons parlé en premier lieu. Elles sont influencées par toutes les modifications des dernières, bien plus que celles-ci par les autres. Toute modification du tissu ou des humeurs influe bien plus sur la constitution des organes et sur leurs actes que la modification de l'organe, considéré en tant qu'organe de telle forme, de tel volume, etc., n'influe sur le tissu. C'est qu'en effet l'altération du tissu est générale, celle de l'organe est limitée à l'organe. Néanmoins il y a une relation intime et constante entre toutes ces parties, de sorte que l'on ne peut supposer l'absence de l'une d'entre elles, de tout un tissu, d'un système, de tout un ordre d'organes, d'un appareil, des membres, etc., sans que la mort survienne. Ce fait est prouvé par les anomalies dans lesquelles nous voyons le développement incomplet d'un appareil entraîner l'impossibilité des actes des autres appareils ; entraîner la mort ; et de même pour les anomalies dans lesquelles manquent les tissu et système nerveux central. Cette corrélation intime entre toutes les parties d'ordres divers, pour la complication, qui composent chaque être vivant, est une condition d'existence, un fait nécessaire, un fait sans lequel l'être ne pourrait vivre.

Cette corrélation est supposée connue du taxonomiste, car il s'appuie incessamment sur elle. Elle est en effet la même entre toutes les parties intérieures considérées en masse

d'une part, et toutes les parties extérieures du corps d'autre part, qu'entre les diverses parties profondes. Cette correspondance entre la disposition anatomique des parties intérieures et celle des parties extérieures est même bien plus intime que la relation existant entre deux ou plusieurs parties profondes quelconques. Elle est telle que *la disposition anatomique des unes se traduit au dehors par la disposition des autres, et réciproquement, quant aux faits anatomiques vraiment fondamentaux.* On peut donc, à l'aide des particularités, des modifications de l'une, saisir et juger les particularités de l'autre. En un mot, puisque l'ensemble de l'organisation interne se traduit au dehors par des modifications correspondantes des organes extérieurs, étant donné un être vivant connu anatomiquement, on peut conclure de son organisation profonde à celle d'un animal non disséqué qui lui ressemble extérieurement : d'où naturellement on est porté à placer celui-ci à côté du premier ; d'où la formation des groupes naturels. La connaissance de ceux-ci coordonne et résume de la manière la plus synthétique et la plus naturelle qu'on puisse concevoir l'ensemble des notions anatomiques ; tant celles relatives aux parties extérieures que celles qui se rapportent aux cinq ordres de parties profondes.

La formation des groupes naturels consiste à saisir, entre des espèces plus ou moins nombreuses, un tel ensemble de caractères essentiels analogues, que, malgré leurs différences caractéristiques, les êtres appartenant à une même catégorie quelconque soient toujours en réalité plus semblables entre eux qu'à aucun des êtres d'un autre groupe. Ce classement conduit à la connaissance expérimentale d'un certain nombre de faits communs à chaque catégorie naturelle, dans la manière dont pour chacune d'elles est établie cette relation entre le dehors et le dedans ; c'est-à-dire, entre l'extérieur de l'être et la disposition des appareils, organes, systèmes, le nombre des tissus et humeurs, et des éléments organiques.

La manière dont s'établit cette relation constitue autant de lois biotaxiques dont la notion a été acquise expérimentale-

ment. Ce sont elles qui, après la formation des groupes naturels, conduisent à la coordination de ceux-ci en une série générale, partant des plus complexes jusqu'aux plus simples, ou réciproquement. Cette deuxième opération complète et achève de caractériser la biotaxie ; car elle ne saurait consister à former simplement des groupes, tels que genres, familles, ordres et classes sans les relier ensemble. Dès la coordination faite, au contraire, la seule position assignée à chaque être par la classification totale tend spontanément à faire aussitôt ressortir l'ensemble de sa vraie nature anatomique, soit par rapport à tous les êtres qui le suivent, que relativement à tous ceux qui le précèdent ; puis ensuite la nature de ses actes, car à toute notion statique se rattache une notion dynamique. C'est par là surtout que la méthode naturelle acquiert un caractère profondément scientifique et devient infiniment supérieure aux plus heureux artifices mnémoniques avec lesquels elle est encore, à tort, souvent confondue. Cette supériorité consiste en ce que la suite des tableaux dont elle est finalement composée constitue réellement, dès lors, le résumé à la fois le plus exact et le plus concis des connaissances biologiques actuelles.

Cette science peut faire juger, *à priori*, de la structure et des fonctions d'un être non disséqué d'après celles de l'individu qui, l'ayant été, se trouve placé près de lui. On peut aussi, en raison de la corrélation des parties du corps les unes avec les autres, déduire de la dissection d'un être la place qu'il devra occuper près d'un autre qui lui ressemble extérieurement, ou par sa constitution intérieure (paléontologie). C'est ce qui a fait croire à tort que l'anatomie et la biotaxie se confondaient en une seule science ; mais chacune se propose un but distinct, chacune a sa destination propre et conduit à la notion de lois différentes. Toutes deux, il est vrai, ont pour sujet d'étude les mêmes êtres ; mais, nous l'avons dit, la biotaxie tire plus essentiellement parti de la connaissance des organes extérieurs, qui est l'anatomie des formes ou morphologique ; l'anatomie, au contraire, insiste au même titre sur l'étude des parties

profondes et des parties externes; enfin la physiologie exige une connaissance aussi exacte des unes que des autres. Liées l'une à l'autre par la nécessité d'analyser l'organisme, ces deux sciences ont pourtant chacune leur point de vue spécial; l'anatomie donne égale importance à la connaissance des parties profondes et superficielles; c'est de la connaissance de celles-ci que la biotaxie tire ses matériaux les plus importants et les plus nombreux, et, sauf les cas spéciaux litigieux, où la dissection devient nécessaire, il lui suffit d'emprunter à l'anatomie interne cette notion : Qu'il y a une corrélation intime entre la conformation intérieure et l'extérieure. C'est même de ce fait que résulte un des immenses avantages de cette science, savoir : son aptitude fondamentale à une comparaison anatomique et physiologique, rapide et concise, quoique nullement superficielle.

La biotaxie est zoologique ou botanique, selon qu'elle s'occupe des animaux ou des plantes.

ARTICLE II.

Attributions comparées de l'anatomie, de la physiologie et de la chimie.

8. — L'anatomie a pour sujet tout ce qui constitue l'économie; et que les parties soient solides ou liquides, elles ne concourent pas moins à la constitution de celle-ci, elles ne sont pas moins indispensables les unes que les autres à l'accomplissement des phénomènes que la physiologie étudie. Ce n'est certes pas sur la consistance, sur l'état de fluidité ou de solidité des objets étudiés, que repose la distinction entre l'anatomie et la physiologie d'une part, entre l'anatomie et la chimie de l'autre.

La physiologie est cette *branche de la biologie qui a pour* SUJET *les êtres organisés à l'état dynamique, considérés en action, à l'état d'activité, et pour* OBJET *ou but la connaissance des actes qu'ils exécutent.* Le plus général est la nutrition, qui caractérise ainsi la vie. Cette connaissance, pouvant être ramenée à la notion d'un certain nombre de faits généraux ou

lois, on dit quelquefois que la physiologie a pour but la connaissance des lois de l'activité organique, de l'organisme en action, des lois de la vitalité ou de la vie. Comme souvent on a personnifié la vie pour en faire une entité devenue agent des phénomènes organiques ou vitaux, il est bon de rejeter au moins temporairement les expressions de *lois de la vie*, *de la vitalité*.

En anatomie, c'est l'agent qu'on étudie; en physiologie, c'est l'acte : voilà ce qui sépare ces deux sciences. Il n'est pas d'étude nette et sérieuse possible, tant que l'on ne s'est pas fait une idée précise de la différence qui existe entre l'état statique ou de repos, et l'état dynamique ou d'activité des corps en général et des êtres organisés en particulier.

En chimie, c'est la matière brute, ce sont ses conditions d'activité moléculaire, puis les phénomènes généraux et spéciaux de cette activité qu'on poursuit; en anatomie, c'est la disposition des parties ou principes constituant immédiatement la matière organisée, et cette matière, puis ses différents modes successifs d'arrangement qu'on étudie.

Le *sujet* et l'*objet* des études sont donc bien différents dans l'un et l'autre cas; et nous disons le sujet et l'objet, car il faut tenir compte toujours de l'un et de l'autre, par la raison que, dans quelques circonstances exceptionnelles, le sujet d'étude peut être le même, mais le but différent.

C'est ainsi que l'otoconie, qui est décrite en anatomie, est formée de cristaux de carbonate de chaux étudiés aussi en chimie; mais l'examen de cette poussière est fait dans un but si nettement anatomique, qu'il n'y a pas là un instant de doute sur la séparation naturelle des deux ordres de recherches. Ce cas, qui est exceptionnel pour l'ensemble de l'anatomie, se présente assez fréquemment dans une de ses subdivisions, celle qui traite des principes immédiats. Aussi reconnaît-on que c'est pour n'avoir pas tenu compte, dans les définitions, à la fois et du sujet et de l'objet de chaque science, de l'anatomie et de la chimie en particulier, que souvent on a pris pour l'une ce qui appartient à l'autre, et réciproquement.

A. *Nécessité logique de faire rentrer dans l'anatomie tout ce qui fait partie de ses attributions.*

9. — Voulez-vous d'autre part, au point de vue pratique, avoir un critérium permettant de distinguer immédiatement ce qui rentre dans le domaine de l'anatomie et de ce qui revient à la physiologie? Essayez de reconstruire par la pensée un être vivant à l'aide des parties de l'organisme décrites dans les traités d'anatomie, et supposez-le mis en activité à un instant donné. Vous verrez aussitôt que, pour la possibilité de cette activité, il vous manque les liquides qui remplissent les vaisseaux, qui humectent les synoviales et l'arachnoïde, qui gonflent les culs-de-sac glandulaires et les conduits excréteurs etc. Il vous manque tout un ordre des parties qui concourent à la constitution de l'organisme, et sans lesquelles vous n'avez qu'une trame solide, sorte de squelette informe, impossible à se figurer en action. L'existence des actes de l'organisme ne peut être conçue tant qu'on ne connaît pas les humeurs; mais dire d'après cela que l'étude de celles-ci appartient à la physiologie, c'est faire un raisonnement des plus puérils : car évidemment les solides ne sont pas moins indispensables, et il se passe en eux tout autant de phénomènes physiologiques et d'aussi importants que dans les liquides.

Nous sommes pourtant obligés de mettre en relief de pareilles objections, puisqu'elles sont du nombre de celles qui nous ont été faites le plus souvent dans les discussions, par des noms ayant autorité. Remarquez donc qu'il est impossible de concevoir un être organisé vivant sans un milieu dans lequel il puise et rejette; l'un est l'agent, l'autre fournit les conditions d'activité. L'agent à son tour se subdivise en divers ordres de parties aussi indispensables les unes que les autres : d'une part les solides qui agissent essentiellement; et de l'autre les humeurs qui les maintiennent en état d'agir; humeurs qui sont les conditions d'action, jouant par rapport aux solides le rôle que le milieu intérieur joue par rapport à l'organisme total, et enfin par lesquelles s'établit la liaison entre l'intérieur et

l'extérieur, entre le milieu général et l'être organisé. Que le milieu général disparaisse ou s'altère, l'agent cesse d'agir; que s'altèrent les humeurs (ce *milieu* de l'intérieur), et tout cesse dans les solides, aussi bien que s'ils disparaissaient eux-mêmes, aussi bien que s'ils étaient détruits.

Il est du reste inutile d'insister plus longtemps sur ce point qui a déjà été traité ailleurs dans des écrits qui ne sont que l'introduction à celui-ci (1), lequel sera lui-même continué par le reste de l'anatomie générale. On ne peut en effet remettre ainsi continuellement en question des choses évidentes par elles-mêmes dès qu'on y réfléchit sérieusement, dès l'instant où l'on applique à leur étude successivement la méthode analytique et la synthétique, sans l'emploi successif desquelles il n'est pas de résultat sérieux possible.

B. *Motifs généraux du défaut d'exactitude des attributions de l'anatomie, de la physiologie et de la chimie.*

10. — Ainsi donc tant que l'on n'aura pas présent à l'esprit qu'à toute disposition statique ou anatomique, se rattache intimement un état dynamique ou physiologique correspondant, les traités d'anatomie, de physiologie et de chimie chercheront à s'arracher l'étude d'un certain nombre des parties des êtres organisés. Mais chacun n'arrache que des lambeaux, et de ce conflit résulte qu'il n'existe aucune bonne description de la constitution d'une humeur quelconque, même du sang.

Dès l'instant où l'on méconnaît cette notion, on cesse bientôt de reconnaître que tout ce qui fait partie du corps doit être étudié en anatomie avant d'aborder l'étude des actes correspondants, et il devient indifférent de mêler des descriptions anatomiques à l'étude des phénomènes physiologiques fondamentaux. C'est alors que l'on entend dire qu'évidemment l'anatomie générale n'est de plus en plus qu'une branche de la physiologie, trait qui achève de carac-

(1) Ch. Robin, *Du microscope et des injections*, etc. (Paris, 1849, in-8), préface et 2e partie; et *Tableaux d'anatomie contenant l'énoncé de toutes les parties à étudier dans le corps de l'homme et des animaux* (Paris, 1850, in-4°), avertissement et 10e tableau.

tériser l'aberration que nous venons de signaler. Que l'on dise que l'anatomie générale est aussi nécessaire à connaître pour faire de la physiologie que toute autre branche de l'anatomie, le fait est incontestable; mais dire que l'anatomie générale se fond de plus en plus dans la physiologie, c'est d'abord établir une opposition choquante entre des mots ayant une signification très tranchée; d'autre part, c'est retourner à l'état de confusion entre ces deux sciences, dont on a tant de peine à sortir et qui a tant nui aux progrès de toutes deux: ce qui arrive toutes les fois qu'on n'établit pas une distinction nette entre l'étude des conditions d'activité d'un être et l'étude de ses actes eux-mêmes.

Là-dessus repose toute la difficulté contre laquelle viennent se butter obstinément anatomistes, physiologistes et chimistes, lorsqu'il s'agit de l'étude des humeurs et des principes immédiats.

C. *L'un de ces motifs est que l'on n'a pas établi de distinction assez nette entre ce que l'on voulait connaître et les moyens directs ou indirects employés pour acquérir ces connaissances.*

11. — Il y a un autre motif qui fait qu'on se dispute toujours à qui des anatomistes, physiologistes ou chimistes, revient l'étude de ces parties du corps.

C'est que faute de notions sur l'ensemble de la chimie et de la biologie, sur la différence qui existe entre l'activité spéciale des corps organisés ou vie, et l'activité générale de la matière brute, on confond le moyen d'étude avec le but.

On sait que la nature des procédés à employer dans l'étude d'un corps doit toujours être en rapport avec la nature de celui-ci; aussi on institue les procédés d'exploration d'après les caractères de l'objet à explorer; ils reposent sur ceux-ci. C'est même de ce fait que résultent toutes les difficultés que présentent l'extraction, la préparation des organes, des éléments anatomiques, et celles des principes immédiats surtout, quand on ne peut encore qu'en soupçonner l'existence, sans en connaître d'une manière précise les caractères. Il s'agit là, en effet, d'approprier par tâtonnements un procédé à la dispo-

sition anatomique, et à la nature encore inconnue de cet organe, élément, etc.; or, comme dans ce cas le procédé est souvent découvert avant le principe qu'il sert à étudier, on confond l'étude scientifique de l'objet avec le procédé qu'on emploie pour faire cette étude, on prend l'un pour l'autre.

Il faut donc toujours dans chaque ordre d'études distinguer la partie pratique, le manuel opératoire, du côté scientifique; il faut pouvoir, quand il en est besoin, séparer intellectuellement la notion des *caractères* de l'objet étudié, de celle du procédé qui sert à les faire connaître.

Chacun des ordres de parties du corps que nous avons énoncés a un mode d'exploration qui lui est propre, qui est en rapport avec ses différents caractères d'ordre mathématique, physique, etc. Pour chacun d'eux on est parvenu à créer des moyens d'étude qui sont appropriés à leur nature et à leur mode d'union avec les autres parties pour concourir à former un organisme, une organisation. En examinant l'ensemble de ces procédés on arrive à reconnaître que leur complication et leurs difficultés sont en raison inverse de la complication des corps à étudier. La raison de ce fait est du reste fort simple. Comme dans une économie organisée moins les parties sont compliquées, plus il est nécessaire que leur union avec les autres soit intime, pour qu'il y ait homogénéité suffisante dans le tout; il en résulte que cette union se rapproche d'autant des combinaisons chimiques, sans pourtant aller guère au delà du degré de fixité et de stabilité de cet ordre de combinaisons qu'on appelle dissolution. Réciproquement, plus les parties du corps sont complexes, plus aussi elles sont distinctes, nettement et facilement séparables, sans jamais toutefois pouvoir posséder une existence propre, distincte de celle de l'organisme total. Il est donc tout naturel de voir que dans ce cas-ci, la vue seule, aidée de l'emploi de quelques moyens physiques très simples, suffit à l'étude, tandis que dans le premier cas les procédés se compliquent à mesure que l'union des parties devient plus intime.

C'est ainsi que lorsqu'il s'agit de retirer d'une humeur ou d'un solide les principes immédiats qui le composent, les instruments à employer sont presque tous ceux qu'emploie la chimie. Mais malgré ce rapprochement, l'ensemble des procédés reste toujours différent de ceux dont on use en chimie, parce qu'il doit être subordonné à la constitution des parties organisées autant qu'à la nature du principe immédiat qu'on veut observer. Cette différence est, par suite de cela, beaucoup plus grande que ne le pensent généralement, et les médecins, et les chimistes eux-mêmes. C'est l'emploi des mêmes instruments qui a fait croire que les études scientifiques étaient identiques, soit qu'on étudiât les lois des combinaisons fixes de la matière brute et cristallisable, soit qu'on eût pour sujet d'étude la matière organisée, et pour objet ou but d'arriver à en connaître l'organisation. Puis cet emploi des mêmes instruments a si bien fait croire que ces études étaient identiques, qu'on a souvent omis de subordonner assez les procédés à la constitution anatomique qu'on ne connaissait pas.

D. *Ce sont les motifs que nous venons d'énumérer qui rendent stériles, pour la pathologie, la plupart des résultats obtenus par l'analyse des solides et des humeurs morbides.*

12. — Ce sont là des faits qu'enseigne l'expérience; ils indiquent la cause de cette stérilité, pour la médecine, de l'innombrable quantité d'analyses de liquides et solides de toutes sortes, tant normaux que morbides, renouvelées nombre de fois depuis longtemps; stérilité qu'on n'a pas le courage d'envisager franchement et hardiment, faute de savoir que mettre à la place de ces résultats, si l'on venait pour un instant à en faire table rase. En attachant une importance exagérée à ces résultats, on les croit utiles pour la science, sans du reste qu'on puisse formuler cette utilité et sans se demander à quoi aboutit la science pour la science, si l'on ne peut en tirer parti. C'est donc un fait capital en pratique, que d'être bien pénétré de la nécessité de subordonner les procédés à la nature des principes, et de savoir qu'on doit connaître la

constitution anatomique de toute humeur ou tissu dont on veut extraire les parties constituantes.

13. — Ainsi, en *résumé*, chacun des ordres de parties de l'économie a son mode d'analyse anatomique qui lui est propre, parce que la nature des procédés d'exploration doit toujours être appropriée à la nature simple ou complexe du corps qu'on étudie.

Le premier degré d'analyse anatomique, celui qu'on emploie pour l'étude de l'organisme pris dans son ensemble et de ses parties extérieures, n'est pas encore de la *dissection* (ἀνατεμνειν, *dis-secare*); c'est le plus simple : les yeux et le toucher suffisent. Il nous fait connaître que le corps se divise en parties extérieures : la tête, le cou, le tronc, etc., et celles-ci en régions.

Cette analyse de l'organisme comprend ensuite, dans un deuxième degré, l'analyse ou séparation anatomique des parties intérieures ou profondes du corps. Ici les procédés se compliquent. Ils diffèrent selon que les parties sont simplement contiguës et encore plus ou moins complexes, subdivisibles en d'autres moins complexes, comme les organes, systèmes, tissus et éléments anatomiques; ou bien selon que ceux-ci ne sont réductibles en parties plus simples autrement que par décomposition chimique, mais sont réunies entre elles intimement, de manière à former une substance dont il faut les retirer.

Pour l'étude des appareils, organes et systèmes, l'analyse anatomique prend le nom de *dissection*, car il s'agit en effet de séparer, de disséquer les parties, afin de pouvoir en constater la situation, l'étendue, la forme, la consistance, la couleur, etc.

Dans l'examen des tissus et des humeurs, c'est encore à l'aide de la dissection qu'on parvient à les isoler. Mais les changements, sous l'influence de l'action chimique, des agents physiques et des réactifs divers, prenant déjà de l'importance, ainsi que l'étude des impressions tactiles, de l'odeur, de la saveur, on ajoute à l'inspection que permet de faire la

dissection proprement dite, l'emploi de moyens divers : comme la filtration, pour séparer les éléments en suspension dans le sérum ; la coagulation, la coction, la dessiccation, l'action de l'électricité, des acides, des alcalis, etc.

Pour l'étude des éléments anatomiques et des principes immédiats, ce sont encore les mêmes moyens ; seulement, par leur petit volume ou leur petite quantité, les parties devenant invisibles à l'œil nu, il faut entre le corps étudié et l'œil interposer le microscope ou la loupe. Mais pour leur extraction, celle des principes du moins, ce n'est plus la dissection qu'on emploie comme pour les humeurs, tissus, etc. : l'union des parties est trop intime, ce moyen ne suffit plus. Les procédés d'extraction deviennent principalement analogues à ceux qu'on emploie en chimie ; leur institution repose sur la connaissance de la disposition anatomique des parties d'abord, et ensuite sur les notions chimiques tant théoriques que pratiques.

14. — Nous venons de montrer d'une manière générale ce qui appartient à l'anatomie, à la physiologie et à la chimie.

L'histoire des principes immédiats, pris tous successivement les uns après les autres, et poursuivis chacun dans toutes les parties de l'organisme où ils se trouvent, n'ayant jamais été faite, on ne sait pas d'abord où, ni dans laquelle des sciences dont nous venons de parler elle doit être rangée. A juger, d'après le cachet presque purement chimique des ébauches de leur description qu'on trouve çà et là, et que nous aurons à apprécier dans la partie historique de ce livre, il est probable que c'est dans la chimie qu'elle serait placée. Ces ébauches se rencontrent en effet, comme l'histoire des humeurs, aussi bien dans des traités de chimie et de physiologie que dans ceux d'anatomie. Ce qui précède s'applique donc à tous les ouvrages qui, sous les noms de *Statique chimique des êtres organisés*, de *Chimie physiologique*, etc., renferment des tentatives sur la solution du problème anatomique qui nous occupe maintenant.

ARTICLE III.

L'étude des principes immédiats appartient à l'anatomie. Faits qu'il importe de connaître pour comprendre que réellement elle fait partie du domaine de cette science.

15. — Quoique le fait principal que nous nous proposons de démontrer soit assez évident par lui-même, il est pourtant nécessaire de le mettre en relief. S'il n'est pas exactement conçu, s'il continue à être envisagé comme il l'est encore par les chimistes et beaucoup de médecins, on retombe nécessairement dans le vague qui frappe de stérilité les travaux dits de chimie animale ou physiologique; on reste alors forcément dans une impasse, dans laquelle s'annulent les plus grands efforts. L'organisation des êtres vivants est encore si peu connue dans ses parties intimes, les plus essentielles même, que nous sommes placés dans la singulière situation d'être obligés de prouver d'abord que le sujet dont nous allons traiter appartient à l'anatomie.

Le titre seul de ce livre est chimique, nous avons dû faire cette concession aux idées actuelles; mais le fond en est organique, et là nous ne sommes pas sortis des limites de la réalité anatomique, nous n'avons cédé à rien. Les moyens d'observation seuls sont physiques et chimiques, et si comme anatomistes nous n'admettons pas qu'on aborde l'anatomie sans savoir la chimie, comme chimistes nous repoussons toute confusion entre ces deux sciences, voisines par les moyens, mais différentes par le but.

Non seulement nous sommes obligés de prouver que l'étude des principes immédiats fait partie des études anatomiques, mais encore, pour y arriver, nous sommes forcés de faire d'abord la même chose pour d'autres parties de l'anatomie. C'est même pour ne s'être pas suffisamment pénétré de l'idée que les humeurs, ainsi que les éléments, font partie de l'anatomie aussi bien que l'histoire des organes, qu'on se refuse encore à voir dans l'étude des principes immédiats une subdivision de cette science. Il serait du reste inutile de

donner pour les tissus les développements que nous allons donner à propos des humeurs, etc., parce que pour eux les mêmes doutes n'existent pas.

A. *L'étude des humeurs fait partie de l'anatomie au même titre que celle des tissus.*

16. — A la suite des tissus on décrit en anatomie un groupe de parties de l'organisme dont l'histoire ne doit pas être séparée de celle de ceux-ci : ce sont les *humeurs* ou liquides de l'économie. Leur état liquide ne peut pas être une raison pour faire de leur étude une branche spéciale de l'anatomie, car ils sont, comme les tissus, le résultat *d'une réunion d'éléments organiques, soit de mêmes espèces, soit d'espèces différentes.*

A l'expression *humeur* se rattache comme *attribut anatomique* l'idée de *mélange* des parties élémentaires qui les constituent. Seulement dans les humeurs ce n'est plus l'idée de *texture*, c'est-à-dire d'enchevêtrement avec arrangement particulier, qui se présente à l'esprit, mais celle de *mélange* avec *dissolution et suspension* dans un liquide.

Elles ont pour *attribut physiologique des propriétés vitales purement végétatives ou organiques;* celle de nutrition, par exemple, qui, chez quelques uns du moins, comme l'urine, ne persiste que dans les éléments anatomiques qu'ils tiennent en suspension.

En appliquant aux *humeurs* la marche analytique déjà appliquée aux tissus solides, on arrive à reconnaître qu'eux aussi ne sont pas des parties simples ou élémentaires, mais qu'ils sont décomposables en parties moins complexes. Ce sont : 1° un *liquide*, qui a reçu le nom de *sérum* pour le sang, la lymphe, le pus et beaucoup de liquides pathologiques; 2° des éléments anatomiques proprement dits en suspension dans le liquide.

L'histoire des *sérums* et des liquides analogues repose presque entièrement sur l'emploi des moyens chimiques. En effet, une fois la couleur, la transparence et le plus ou moins de fluidité de chacun d'eux constatés, on ne peut plus, comme

on le fait pour les éléments anatomiques proprement dits, tirer parti du volume, de la forme et de la structure pour les ranger en espèces distinctes. L'emploi des moyens chimiques dans cette branche de l'anatomie conduit à acquérir, dès l'histoire des humeurs, la notion de *principes immédiats*, dont l'étude particulière ne peut être faite qu'en traitant des *parties constituantes élémentaires du corps* ou éléments, tant éléments anatomiques que principes immédiats.

17. — Il est inutile d'insister beaucoup pour montrer que l'étude des *humeurs* doit faire partie de l'anatomie au même titre que celle des tissus proprement dits. N'est-il pas facile de voir que les uns et les autres concourent à constituer les corps vivants et qu'ils ont le même degré d'importance. Si les premiers sont les agents, ils ne peuvent agir sans la présence des liquides au milieu d'eux. Aussi les uns et les autres sont également indispensables, nul n'a la préeminence; l'un agit, l'autre maintient en état d'agir.

Si l'on voulait essayer de construire de toutes pièces un être organisé avec les matériaux dont l'histoire se trouve faite dans nos traités, on arriverait à avoir un corps qui ne renfermerait que des solides, c'est-à-dire, du côté de l'agent, la moitié des conditions nécessaires. Il faut excepter cependant les traités récents d'anatomie générale qui contiennent l'histoire de la lymphe, du sang et celle du pus. Mais la salive, la bile, le suc pancréatique, le lait, les mucus et beaucoup d'autres liquides normaux et pathologiques, où trouveront-ils leur place? Sont-ils moins indispensables pour l'accomplissement des fonctions que la glande elle-même ou tout autre organe, pour qu'on se borne à en faire l'histoire seulement dans les dictionnaires, quand toutefois on n'omet pas d'en parler; ou bien dans les traités de physiologie, à propos des fonctions de l'organe qui les sécrète? Est-ce qu'au contraire on n'a pas besoin de connaître aussi bien ces liquides que les organes qui les fabriquent, pour arriver à la notion du mécanisme de leur formation? Vu leur état liquide, on ne peut plus employer de scalpel ou d'aiguilles pour les analyser, mais bien seulement

des capsules et des filtres ; ce n'est certes pas là un motif suffisant pour les rejeter hors de l'anatomie et en faire une branche de la chimie ou de la physiologie. Ce sont là pourtant les seules raisons qui font maintenir un pareil déplacement. Mais c'est mettre d'une manière par trop puérile l'instrument à la place de la science. Il est temps que les anatomistes se mettent en état de faire eux-mêmes cette étude en apprenant l'emploi d'instruments pour l'usage desquels on a forcément dû jusqu'à présent recourir aux chimistes, ce qui ne veut pas dire qu'on doive toujours le faire, et qu'on doive leur réserver exclusivement cette spécialité.

On a depuis longtemps donné le nom d'*hygrologie* (υγρον-ου, *humeur*, *humidité*) à l'histoire anatomique des humeurs, désignation qui, pour n'avoir pas été admise systématiquement, dans les traités d'anatomie, mérite cependant d'être adoptée pour désigner le sujet dont il est ici question.

B. *Les parties constituantes élémentaires du corps ou éléments organiques sont des éléments anatomiques et des principes immédiats. Leur étude fait partie de l'anatomie aux mêmes titres que celle des tissus et des humeurs; c'en est la dernière partie.*

18. — L'histoire des *parties constituantes élémentaires*, ou simplement des *éléments* du corps, forme la dernière branche de l'anatomie au point de vue historique et la première au point de vue scientifique.

Elle embrasse la description de toutes *les parties du corps irréductibles en parties plus simples*, *anatomiquement parlant*, c'est-à-dire sans décomposition chimique. Ce sont, par conséquent, les corps que conduit à reconnaître le dernier degré de la saine analyse anatomique.

Ces parties du corps irréductibles sont celles qu'on appelle PARTIES CONSTITUANTES ÉLÉMENTAIRES, ou simplement *parties constituantes*, ou *éléments*, par la raison qu'une fois ces parties connues en suivant la marche scientifique, on n'a réellement plus de parties nouvelles à étudier, mais seulement leurs nouveaux groupements et arrangements sous forme de tissus, sys-

tèmes, organes et appareils. L'étude de ces parties véritablement élémentaires, pour les corps organisés, est le dernier degré auquel on puisse pousser l'*analyse anatomique*. Ce sont les derniers corps formant un tout unique, et nettement déterminés, vers lesquels on puisse ramener tous les êtres organisés; et, dans le système des spéculations *organiques*, ils constituent le véritable équivalent logique de l'idée *molécule*, exclusivement adaptée à la nature des spéculations inorganiques.

19.—*Eléments anatomiques.*—On arrive, avons-nous dit, à reconnaître l'existence et les caractères des corps irréductibles anatomiquement, par l'emploi de deux moyens principaux empruntés aux sciences inorganiques, équivalents l'un à l'autre, mais applicables essentiellement, l'un aux tissus, l'autre aux humeurs. Le premier est physique, l'autre est surtout chimique, et tous deux, étant appliqués à l'étude statique des corps organisés, font par conséquent partie des procédés anatomiques. Dans la pratique, ces deux procédés sont constamment combinés l'un à l'autre, mais suivant l'état solide ou liquide des substances étudiées, c'est toujours l'emploi de l'un ou de l'autre qui domine.

1° L'un de ces procédés consiste dans l'*usage du microscope*, dont l'emploi est complétement indispensable, vu la petitesse de ces corps qui tous sont invisibles à l'œil nu. Appliqué à l'étude des solides, il fait reconnaître qu'ils sont formés de *corps très petits, irréductibles sans décomposition chimique, les derniers auxquels on puisse ramener les tissus par l'analyse anatomique, doués de caractères géométriques, physiques et chimiques, comme tous les corps quelconques, mais avec des particularités qui n'appartiennent qu'à eux et qu'on étudie sous le microscope*. Ils ont, de plus, des caractères spéciaux de structure ou caractères d'ordre organique, ainsi que des propriétés vitales corrélatives à ces caractères.

Au point de vue scientifique, ce sont: *des corps très petits, présentant un ensemble de caractères géométriques et physiques tout à fait nouveaux et sans analogues dans le règne minéral: caractères qui, quoique variables de l'un à l'autre,*

leur sont tout à fait propres, et ils sont formés par la combinaison de plusieurs principes immédiats très complexes. On leur a donné le nom d'*éléments anatomiques;* quelquefois on les appelle simplement *éléments des tissus.*

Les éléments anatomiques sont les véritables agents des corps organisés ; ce sont eux qui, réunis de diverses façons, agissent en eux, qui jouissent des propriétés fondamentales que manifestent ces êtres. Tous sont solides ou demi-solides. En partant du simple au composé, une fois les éléments anatomiques connus, il n'y a plus rien de nouveau à étudier dans les solides que les arrangements nouveaux que prennent ces éléments par leur disposition sous forme de tissus, de ceux-ci en systèmes, de ces derniers en organes, des organes en appareils, et des appareils en *organisme unique.*

20. — *Principes immédiats.* — 2° L'autre moyen d'exploration consiste à appliquer *des instruments d'analyse chimique* à l'étude des principes, en modifiant les procédés d'une manière qui convienne à la nature des substances à analyser.

C'est d'abord et principalement à l'examen des humeurs que s'applique l'emploi des instruments chimiques. L'état liquide de celles-là permet, en effet, de séparer plus facilement les unes des autres les substances qui s'y trouvent. Dans cette étude, les moyens physiques, c'est-à-dire, l'emploi du microscope, s'unissent constamment aux procédés chimiques. Cet instrument amène d'abord à reconnaître dans les *produits* liquides des éléments anatomiques semblables à ceux étudiés parmi les produits solides, et dont l'histoire est déjà faite. Il montre de plus, dans le sang et la lymphe, des éléments analogues à ceux des tissus, mais non étudiés, et dont la description doit être faite en élémentologie.

Dans le cas des *produits* comme lorsqu'il s'agit du sang, il faut d'abord séparer ces éléments qui sont en suspension, à l'aide de procédés physico-chimiques. Pour continuer l'analyse de l'autre partie des humeurs qui est purement liquide, on ne se borne plus à des moyens purement mécaniques, comme pour isoler les éléments des tissus et les placer sous le

microscope, ni comme pour séparer les éléments en suspension dans un sérum. Il faut faire usage de la chaleur pour isoler par coagulation d'abord, par évaporation ensuite, les substances en dissolution dans ces liquides.

Parmi ces substances, du reste, il en est qui se séparent par coagulation spontanée, telle est la *fibrine;* d'autres, comme l'*albumine*, ne se coagulent qu'à l'aide de la chaleur. Une fois ces séparations effectuées, l'analyse anatomique ne peut plus se borner à des procédés aussi simples ; il faut continuer en séparant encore les substances en dissolution dans le liquide restant. C'est ici que l'évaporation graduelle amène le dépôt successif des substances les moins solubles d'abord, puis de celles qui le sont davantage ; ensuite l'éther, l'alcool, etc., peuvent déterminer la cristallisation d'autres substances encore plus solubles.

Or, comme on le voit, nous n'avons encore fait que procéder à des divisions successives, à des séparations de substances en suspension d'abord, en dissolution ensuite, et au fur et à mesure nous en avons étudié la forme, le volume, les caractères physiques, chimiques, et la distribution anatomique dans les différentes régions du corps. Et cela toujours à l'aide du microscope, vu la petite quantité des substances très nombreuses et qui se déposent en cristaux isolés ou groupés.

C. *Le mode d'analyse qui nous fait connaître les principes immédiats est de l'analyse anatomique.*

21. — Y a-t-il rien là qui au fond, scientifiquement, soit différent des séparations faites à l'aide du scalpel et des aiguilles, et qu'on nomme *dissections.* Est-ce que par hasard, en appliquant ces procédés à l'analyse de l'urine, de la bile, du sang, etc., on ferait autre chose que de l'anatomie ? est-ce que, parce qu'au lieu de scalpels et de pinces on est obligé, vu l'état liquide des corps, d'employer des capsules, des filtres et des éprouvettes dont se servent les chimistes, c'est de la chimie qu'on fait ? Certainement ce n'est pas de la *dissection ;* mais c'est de l'*anatomie*, c'est-à-dire de la *division*, de la *séparation successive*, et la signification du mot n'en est en aucune

façon altérée (ἀνά, en composition, marque réduplication; τεμνειν, *diviser*, *séparer*, *couper*, *partager*). Que, pour plus de précision, on dise *analyse anatomique* de la bile, de l'urine, du sang, il n'y a rien que de naturel; mais dire *analyse chimique*, *chimie* du sang, de l'urine, etc., *micro-chimie*, *chimie physiologique* de la bile, ou *microscopique*, etc., c'est mettre l'instrument à la place de la chose, de la manière la plus ridicule et en même temps de la manière la plus nuisible aux progrès de la science.

22. — Les corps que nous venons de séparer des humeurs ont des propriétés très remarquables. La plupart sont, comme les éléments anatomiques, des corps entièrement nouveaux, c'est-à-dire n'existant pas dans les corps bruts; plusieurs sont sans analogues, telle est la fibrine, etc.; il en est qui, quoique nouveaux, ne sont pas sans *analogues* dans le règne inorganique, et qu'on peut former de toutes pièces (acétates, oxalates, formiates, urée, etc.); enfin, ceux qui se trouvent à la fois parmi les minéraux et les corps vivants ont été introduits du dehors tout formés, ou du moins, si ce sont des sels, la base et l'acide ont été fournis séparément (carbonates alcalins, etc.).

En un mot, au point de vue historique où nous nous sommes placés, les principes immédiats sont *les derniers corps solides, liquides ou gazeux, auxquels on puisse, par la saine analyse anatomique, ramener sans décomposition chimique les diverses humeurs, et secondairement les divers éléments anatomiques*. En suivant la marche scientifique, c'est-à-dire en allant du simple au composé, nous voyons que ce sont *des substances cristallisables ou amorphes, de composition chimique toujours très complexe, déterminée, ou non, mais pouvant être réduites en d'autres dont la composition est définie, sans analogues avec les substances minérales, à l'exception de ceux introduits du dehors*.

Ces corps, les uns gazeux comme l'acide carbonique, l'oxygène, etc.; les autres liquides (eau, graisses, etc.) ou solides, mais en dissolution (albumine, fibrine, sels, etc.), sont bien

certainement des *parties constituantes du corps*. Ils en forment en effet les humeurs d'une manière bien plus essentielle que les éléments anatomiques séparés en premier lieu (globules du sang, cellules d'épithélium de la bile, urine, etc.), globules qui manquent chez beaucoup d'animaux. Mais ils ne peuvent pas être rangés dans la même subdivision de la mérologie que les éléments; car ils en diffèrent en ce qu'ils sont toujours gazeux ou liquides, et en ce que, lorsqu'ils sont ramenés à l'état solide par coagulation ou évaporation, ils sont amorphes (fibrine, albumine, etc.) ou cristallisés. Ils n'ont pas comme eux une forme spéciale, une existence propre, des propriétés sans analogues dans les corps bruts.

Ils forment réellement un deuxième et dernier groupe des parties constituantes auxquelles on a donné le nom de *principes immédiats*, *principes organiques*, ou simplement de *principes*. On peut désigner l'histoire des principes immédiats par le mot *Stœchiologie* (1); elle forme une branche de la *mérologie* analogue à l'*élémentologie* (2).

(1) Στοιχειον-ου, *principe* ou *élément*, tels que les entendaient les anciens, savoir : l'eau, l'air, le feu, la terre, qui sont des principes constituants et non des éléments.

Ce mot et ceux qui en dérivent se trouvent dans les Dictionnaires de la langue française; il est donné comme synonyme de *stœchiométrie*, ou traité de la mesure des quantités dans lesquelles se combinent les parties constituantes simples ou composées des corps. On sait que le premier ouvrage de Richter est intitulé *Stœchiométrie chimique*. Il eût par conséquent appelé cette subdivision de l'anatomie du nom de *stœchiométrie anatomique* ou *organique*; puisque nous étudions aussi, quand il est possible, les quantités dans lesquelles se combinent les parties constituantes simples ou composées des corps organisés, et de plus nous étudions la manière dont ces parties constituantes s'unissent.

(2) Pour ces mots, voyez Ch. Robin, *Tableaux d'anatomie* (Paris, 1850, in-4°), préface, p. 14 et tableau 9e. Le mot *élémentologie* est formé de deux racines, l'une latine, l'autre grecque, ce qui n'est pas généralement reçu; mais il existe déjà de nombreux exemples de ce fait, et l'on préfère avec raison garder les mots ainsi formés que de les remplacer par d'autres bien plus cacophoniques. Ainsi, par exemple, personne ne songera certainement à remplacer les mots *ovologie*, *minéralogie*, etc., malgré leur composition hybride. Quoique sentant fortement les inconvénients du néologisme scientifique, qui sert si souvent à dissimuler le vide réel des idées, en imposant des noms étranges à

L'histoire de ces principes immédiats (albumine, fibrine, urée, créatine, acide urique, cholestérine, etc., etc.), prise au point de vue de leur distribution quantitative dans l'économie, de leur état solide ou liquide par dissolution directe ou indirecte : leur description faite encore au point de vue de la part qu'ils prennent à la constitution des solides ou des humeurs, en signalant, quand il y a lieu, les particularités qu'ils présentent suivant les races, les âges, les sexes, les divers états morbides, appartient à l'anatomie. Ce doit en être la dernière subdivision au point de vue historique, et la première en procédant du simple au composé; elle appartient à l'anatomie au même titre que l'élémentologie. Celle-ci donne la description des parties élémentaires en lesquelles se subdivisent les tissus. La stœchiologie traite des parties élémentaires dont se composent les humeurs, parties qui, vu l'état liquide de ces fluides, sont des corps solides ou liquides, mais solubles les uns dans les autres, et non des corps essentiellement solides et insolubles comme les éléments anatomiques proprements dits. Or, en définitive, ces derniers ne pouvant être formés par des principes autres que ceux des humeurs auxquelles ils empruntent les matériaux d'accroissement et dans lesquelles ils rejettent ceux qui ont suffisamment vécu, il en résulte que, par extension, la stœchiologie étudie également les principes que l'on retire en décomposant les éléments anatomiques.

D. *Quoique subdivision de l'anatomie, l'histoire des principes immédiats n'a pu, jusqu'à présent, être faite que par des*

des sciences qui n'existent pas ou à des caractères superficiellement connus, nous avons pourtant adopté ou créé les expressions précédentes; car il est facile de reconnaître que l'histoire des parties constituantes élémentaires du corps, prises en général (*mérologie*), que celle des éléments anatomiques (*élémentologie*), qui en est une subdivision, et que celle des principes immédiats (*stœchiologie*), qui en est une deuxième subdivision, ne sont nullement dans ce cas. C'est là au contraire une division de l'anatomie des plus nettement déterminées, qui une fois traitée, loin d'allonger l'anatomie comme on pourrait le craindre, en réduit considérablement l'étendue, en faisant disparaître des longueurs inutiles et en répartissant, à la place qu'elles doivent occuper, et sous un petit volume, nombre de notions éparses.

chimistes ; inconvénients qui sont la suite de cette nécessité temporaire.

23. — Mais si l'histoire des principes immédiats fait partie de l'anatomie sous le rapport scientifique, au point de vue de la méthode et quant au but pratique qu'on doit se proposer en la faisant, il faut reconnaître d'autre part que jusqu'à présent elle n'a pu être faite que par des chimistes, et même que pendant quelques années encore elle formera une spécialité d'études anatomiques. Mais dès à présent il faut franchement se placer au point de vue anatomique pour la faire, sous peine de retomber dans la confusion qui règne à leur égard et dont nous nous proposons de sortir.

24. — *Motifs scientifiques qui font que l'étude des principes immédiats n'a pu encore être faite que par des chimistes.* — L'étude des principes immédiats exige en effet des connaissances chimiques trop étendues pour que les anatomistes, physiologistes et médecins aient pu, jusqu'à maintenant, les posséder à un degré de précision suffisant pour aborder directement ce genre de recherches. Partis généralement de l'autre extrémité de l'anatomie, la commençant par l'étude des appareils et organes, par celle des fonctions, ils sont même rarement arrivés (malgré l'exemple donné d'une manière si énergique par Bichat), jusqu'à l'étude des tissus. A plus forte raison négligent-ils encore celle des éléments et des principes immédiats. Il en est résulté que jamais la nécessité de bien connaître la chimie pour étudier l'anatomie, et par suite la physiologie, n'a pu être très exactement sentie. Nous disons *très exactement*, parce que, malgré le temps donné à l'étude de la première dans les études médicales, comme on part toujours de la chimie pour pénétrer dans la biologie, au lieu de se placer au point de vue anatomo-physiologique, pour ensuite tirer de la chimie toutes les notions utiles qu'elle peut nous fournir, il est rare qu'on ne dévie. On finit par croire qu'elle ne sert efficacement qu'à la pharmacologie et à la toxicologie. La raison en est que l'étude de la physiologie et celle de la pathologie montrent bientôt

que les déductions qu'on en tire à l'égard des actes des corps vivants ne sont nullement applicables en réalité à ceux-ci, tant qu'on n'a pas étudié leur substance, prise en elle-même pour ce qu'elle est positivement, au lieu de procéder à son égard comme pour un composé représenté par une formule chimique. Les chimistes se sont donc trouvés seuls suffisamment préparés au point de vue scientifique pour aborder cette étude; puis, comme d'autre part, les médecins, négligeant l'exemple de M. Chevreul, ne poussaient pas graduellement leurs recherches anatomiques jusqu'à l'étude de la matière des corps organisés, les chimistes encore se sont trouvés seuls poussés à faire l'analyse de cette matière; par curiosité d'abord et aspiration vers la découverte de l'essence de ses phénomènes, et enfin quelquefois dans le seul but académique de découvrir des corps nouveaux.

25.—*Motifs techniques qui ont empêché l'étude des principes immédiats d'être faite par d'autres savants que les chimistes.* — L'étude des principes immédiats exige l'usage fréquent d'un certain nombre des appareils dont on se sert en chimie; leur emploi est même plus délicat, plus difficile qu'il ne l'est dans cette science; en un mot, plus on pénètre dans les études organiques tant anatomiques que physiologiques, plus se compliquent les procédés, plus deviennent grandes leur difficulté et leur délicatesse, comparativement à ce qu'ils sont en chimie et dans les autres sciences inorganiques. Cette nécessité d'employer des instruments mis en usage habituellement par les chimistes a fait que eux seuls se sont trouvés préparés à pratiquer les analyses (anatomiques par le sujet et l'objet) des humeurs et des solides de l'économie. Ce sont là les principaux motifs techniques qui font que les chimistes seuls ont pu observer les principes immédiats. Ce fait a été de ceux qui leur ont fait penser, ainsi qu'aux médecins, que réellement cette étude, ainsi que celle des humeurs, appartient à la chimie, qu'elle rentre dans son domaine et constitue une de ses subdivisions. Cette erreur était d'autant plus naturelle, que précisément en raison de l'incapacité où se trouvaient les

anatomistes de faire ces recherches eux-mêmes, on sait que tous les procédés employés jusqu'à présent ont été découverts par des chimistes qui y sont arrivés par tâtonnements. Mais ce sont des procédés anatomiques dans lesquels il n'y a de chimiques réellement que les instruments, capsules, filtres, et lampes. Que les chimistes éminents qui les ont découverts pèsent bien toutes les raisons qui les ont conduits à créer ces procédés, et ils reconnaîtront bientôt que c'est par une série successive de transformations des procédés vraiment chimiques, reconnus insuffisants d'après des essais infructueux, qu'ils sont parvenus à les rendre utiles. Qu'ils comparent ce que sont ces moyens nouveaux à ceux qu'ils employaient en premier lieu, et ils verront que ce qu'il y a de changé, c'est la méthode qui domine et dirige le procédé. Il s'agit maintenant d'aborder directement le problème à l'aide de cette méthode anatomique, et, actuellement qu'elle est découverte, il faut abandonner les tâtonnements par lesquels on y est arrivé.

26. — *Ces mêmes motifs scientifiques et techniques font que pendant quelques années encore l'étude directe des principes immédiats formera une spécialité.* — Du moins il est nécessaire que quelques anatomistes ou chimistes comprennent qu'il faut qu'il en soit ainsi jusqu'à ce que les procédés d'analyse soient simplifiés encore davantage qu'ils ne le sont. Il faut bien savoir, du reste, que cette nécessité n'est que temporaire, et n'existe que sous le seul point de vue d'arriver à perfectionner les procédés, résultat auquel des recherches spéciales conduiront plus rapidement.

L'expérience nous a montré déjà en plus d'une occasion que l'étude expérimentale de tous les principes importants à connaître pour la pratique médicale et la physiologie est beaucoup moins longue à faire qu'on ne le pourrait croire en voyant l'étendue de leur histoire et la description des procédés indiqués dans les ouvrages de chimie. Déjà les moyens d'analyse découverts par les chimistes ont été assez simplifiés d'après les secours fournis par des connaissances anato-

miques plus précises, pour que sans avoir jamais pratiqué la chimie, il soit possible d'apprendre en peu de mois à extraire toutes les parties constituantes des principales humeurs et à les étudier d'une manière complète. Ainsi il faut donc se garder de croire, comme on le fait encore aujourd'hui, que ce soit là un ordre de recherches inabordables, si ce n'est de la part de quelques chimistes spéciaux; c'est l'inverse dont il faut se persuader.

Il est bien nécessaire que quelques savants s'en occupent encore spécialement dans le but de perfectionner plus rapidement les moyens d'étude; il faut même que cette spécialité existe jusqu'à ce que l'on soit à peu prés certain d'avoir découvert tous les principes immédiats qui constituent l'économie animale, et surtout jusqu'à ce que l'on ait fait disparaître complétement des ouvrages classiques ces prétendus principes appelés *extraits;* mais il ne faut pas aller au delà. Déjà, nous le répétons, les procédés sont assez simplifiés et devenus d'un emploi assez rapide pour qu'on puisse reviser d'abord tout ce que renferment les livres où il est question des principes immédiats, ce qui est indispensable, et pour qu'on puisse prévoir qu'en peu d'années les parties constituantes élémentaires à découvrir seront décrites. Les efforts n'auront plus alors à porter que sur des perfectionnements généraux destinés à donner plus de certitude à la prévision dans des cas normaux ou pathologiques déterminés.

E. *Point de vue auquel il est nécessaire de se placer en faisant des principes immédiats un sujet spécial d'études.*

27.— Mais ceux qui, anatomistes, médecins ou chimistes, feront encore leur spécialité de cet ordre d'études anatomiques, aussi bien que ceux qui les poursuivront désormais au même titre et avec autant de facilité que toute autre branche de l'anatomie, ceux-là, disons-nous, devront reconnaître qu'il est de toute importance de se placer nettement au point de vue anatomique et qu'il faut déjà connaître le reste de l'anatomie pour étudier cette subdivision dernière.

Les chimistes seuls, avons-nous dit, se sont trouvés aptes

à ébaucher l'histoire des principes immédiats, ou mieux à pousser l'analyse des humeurs jusqu'à en retirer leurs parties constituantes élémentaires. Mais ils ont fait cette analyse chimiquement et non anatomiquement, et il en est résulté de graves inconvénients tant pour la chimie que pour l'anatomie et la physiologie. Ces inconvénients seront envisagés plus loin en détail; voici les seuls qu'il soit besoin de connaître ici.

Agissant sur la matière organisée, les chimistes ont cru de bonne foi faire de la chimie, et ils l'ont fait croire aux biologistes et au public; mais les chimistes se trompent et nous trompent. Ils ont cru devoir opérer comme sur la matière brute, ils ont pensé que le problème était le même, et que le but qu'on se propose était identique. Dès lors ils ont souvent brûlé, altéré ou détruit plus ou moins les principes immédiats qu'ils auraient dû nous faire connaître. Ils ont analysé chimiquement et donné les formules de substances organiques qui sont constituées par l'union de principes immédiats divers, unis en proportions indéfinies et par suite nécessairement variables, comme si c'étaient là des composés fixes et déterminés. Non seulement ils ont donné la composition de la fibrine, de l'albumine, (ce qui se conçoit jusqu'à un certain point dans l'origine de pareilles recherches, comme moyen préliminaire pour ensuite arriver à mieux), mais ils ont donné sérieusement la formule du tissu tuberculeux et d'autres tissus encore, comme si c'étaient là des composés chimiques. Ils l'ont fait sans remarquer que depuis longtemps on ne le fait plus pour le suif, le beurre, etc., pour lesquels pourtant on le faisait jadis à l'époque où l'on n'était pas encore parvenu à les réduire en leurs principes immédiats. Ils l'ont donné et fait accepter pour bon. On conçoit dès lors comment ils ont été conduits à faire des théories chimiques sur la substance organisée lorsqu'il s'agissait de l'étudier en elle-même expérimentalement, d'en étudier la constitution pour ensuite tâcher d'observer directement, et non d'après des déductions chimiques, les phénomènes qui s'y passent.

F. *Motifs qui font qu'il est nécessaire de se placer au point de vue anatomique et physiologique quand on fait de l'étude des principes immédiats une spécialité.*

28. — Les inconvénients que nous venons de signaler sont trop frappants pour insister davantage sur la nécessité de les éviter ; et on les évite facilement lorsqu'on se place entièrement dans son sujet, lorsqu'on descend des parties les plus complexes de l'anatomie, comme l'étude des appareils, organes, systèmes, etc., à celle des parties plus simples. Dès lors la chimie apparaît au biologiste sous son véritable jour par rapport à l'anatomie et à la physiologie. Elle lui apparaît comme un puissant auxiliaire, comme un moyen utile et indispensable, d'études tant théoriques qu'expérimentales ; mais elle ne peut en aucune façon dispenser le biologiste d'étudier en elles-mêmes expérimentalement chacune des faces nouvelles sous lesquelles se présentent la matière organisée et les actes qui s'y passent.

Ainsi on évite les inconvénients signalés plus haut quand on reconnaît que l'étude des principes immédiats est une branche de l'anatomie qui a pour but l'examen des parties élémentaires qui composent immédiatement la matière des humeurs d'abord (matière qui est organisée comme nous le verrons), puis, secondairement, celle des solides qui est disposée sous forme d'éléments anatomiques. Nous plaçant à ce point de vue, nous cherchons par tous les moyens nécessaires à conserver pendant l'extraction le principe tel qu'il existe dans les humeurs ou les solides ; d'après ce que fait prévoir la connaissance anatomique de ces parties, nous évitons que tel corps soit altéré par un autre qui l'accompagne, dans telle ou telle humeur, pendant l'évaporation ou quelque autre opération. En se plaçant au point de vue chimique, on est trop porté à ne considérer que le résultat final de l'analyse ; pour le chimiste, en effet, peu importe l'origine du corps, peu importe qu'il y ait décomposition ou non, pourvu qu'il obtienne un corps défini, cristallisable ou volatil sans décomposition.

Aussi le chimiste vous dira-t-il que les principes qu'on peut retirer des corps organisés sont innombrables ; et il vous dira en outre qu'en raison de cela il faut renoncer à l'idée d'en déterminer le nombre. Le fait est vrai quand on se place à son point de vue ; mais ce point d'appui est faux. Raisonner ainsi, serait vouloir faire penser que l'on ne pourra jamais faire autre chose à cet égard que des hypothèses ne pouvant recevoir d'autre démonstration que celle qui consiste à dire : Chimiquement, nous ne voyons pas comment les choses pourraient être autrement ; donc elles sont ainsi. Ce qui reviendrait à dire qu'il faut renoncer à jamais à la connaissance de la constitution réelle de la substance organisée. Mais il n'en est rien. En procédant anatomiquement, nous dominons le sujet ; la chimie nous apprend alors que les principes immédiats sont des composés susceptibles de se modifier sous la moindre influence. Ils perdent leur caractères spécifiques pour en acquérir d'autres, soit par suite de catalyses isomériques ou avec dédoublements, soit en s'unissant à un ou plusieurs équivalents d'eau, etc., etc.

Notons d'abord un premier fait : c'est que ce facile passage des principes immédiats d'un état moléculaire à un état d'une autre espèce, est une condition d'existence de la matière organisée ; c'est une condition du renouvellement de ses principes par désassimilation ; c'est, en un mot, une condition d'existence de la désassimilation, tout comme la propriété de plusieurs d'entre eux de s'unir en toutes proportions est une condition de l'assimilation.

Notons ensuite un deuxième fait : c'est que ces changements ne sont nullement illimités ; on peut les circonscrire, les ramener à un certain nombre de groupes. Ils ont pu rendre obscurs quelques points de la chimie, ou plutôt les théories trop étroites et mesquines qui ont conduit à séparer arbitrairement la chimie en organique et en inorganique ; mais actuellement déjà on commence à y voir clair. Il fut un temps où l'histoire des sels était tout aussi obscure que celle des composés chimiques qu'on peut obte-

nir en opérant sur les substances retirées de l'organisme ; cependant, pour les sels, on a pu les ramener à un certain nombre de groupes bien délimités par les caractères de l'ensemble des espèces qu'ils renferment. En combinant entre eux d'autres sels, comme du carbonate de magnésie avec celui de soude, etc., etc., on peut aussi multiplier à l'infini les sels ; surtout si l'on tient compte de cette particularité, que suivant les conditions où se passe la combinaison, le corps nouveau aura une forme cristalline et des propriétés un peu différentes, d'après le nombre des équivalents d'eau qu'il aura pris. Malgré cela, cependant, l'histoire des sels n'est en aucune façon obscurcie. Eh bien, il se passe quelque chose d'analogue pour les corps qu'on retire de l'organisme : on peut bien en obtenir un grand nombre de composés peu différents, soit par dédoublement, soit par addition de quelques équivalents d'eau, etc.; mais déjà on sait dans quelles limites ont lieu ces changements, et d'après quelles lois ils se font. Or, en se basant sur ces connaissances chimiques, on peut retirer les principes immédiats tels qu'ils sont dans l'organisme, et éviter ainsi ces modifications.

Ainsi donc ces changements sont des faits chimiques et non plus des actes organiques. Il faut donc éviter ces modifications, car une fois qu'elles ont eu lieu, ce n'est plus un principe immédiat que vous avez, mais un composé chimique plus ou moins intéressant. Si vous n'établissez pas cette différence, vous pourrez dire en effet que le nombre des corps qu'on peut obtenir à l'aide de substances organisées est infini ; mais alors bornez-vous à faire des théories chimiques, car c'est de la chimie que vous faites, et gardez-vous de croire que ce soit de la physiologie ; gardez-vous de vouloir envahir ainsi la biologie, car vous ne feriez que de la chimie à propos d'anatomie et de physiologie, mais ni de l'une ni de l'autre de ces deux sciences, et peut-être pas même de bonne chimie.

29.—Il est encore d'autres motifs qui ne sont pas moins puissants, qui montrent combien il importe, dans ces études, de

se placer au point de vue anatomique plus qu'on ne l'a fait jusqu'à présent. Ainsi, par exemple, la connaissance de ce fait, que les liquides de l'économie sont constitués par un sérum tenant des éléments anatomiques divers en suspension, et la connaissance des propriétés de ceux-ci, apprendront à instituer des procédés pour les séparer du liquide. La notion de la texture des solides et des propriétés de leurs divers éléments fera connaître qu'il faut séparer ces derniers les uns des autres, au même titre qu'on sépare d'abord les globules sanguins du sérum. D'autre part, nous apprendrons par là qu'il ne faut pas plus considérer les tubercules comme pouvant être analysés chimiquement et représentés par une formule chimique, qu'on n'est parvenu à le faire pour la substance élémentaire des os ou les tubes nerveux.

L'anatomie conduit donc à ne pas confondre ensemble, dans les analyses, des substances diverses, et, par suite, à n'attribuer à chaque espèce d'élément anatomique que les principes qui lui sont propres, au lieu de les considérer involontairement comme appartenant à plusieurs. Enfin, au point de vue technique, plusieurs des procédés délicats mis en usage en anatomie viennent en aide à ces recherches. C'est ainsi que l'emploi du microscope, qui a pris tant de précision et de rapidité en anatomie, étendu à l'analyse anatomique de la matière organisée des solides et des humeurs, permet de faire reconnaître aussi les principes immédiats qu'on en sépare, avec bien plus de précision et de rapidité que les moyens chimiques seuls. Cet instrument permet surtout d'opérer sur une bien plus petite quantité de substance qu'on ne le faisait autrefois; en un mot, il est devenu indispensable à l'étude des principes, parce que, dans un précipité de petit volume, il peut faire reconnaître la présence de plusieurs espèces de principes cristallisables d'après la forme de leurs cristaux, alors que les réactions chimiques de ceux-ci ne pourraient, vu la petite quantité de substance, indiquer ce fait. Jusqu'à présent on n'avait pu appliquer le microscope à la détermination des espèces de principes im-

médiats d'après la forme des cristaux, parce que cette étude était presque généralement considérée comme vague et seulement comme objet de curiosité, au lieu de la rattacher à la composition des substances. On éprouvait aussi beaucoup de difficulté, souvent, à distinguer ce qui est cristallin de ce qui ne l'est pas ; on ne pouvait non plus tirer parti de cet aspect spécial que présentent sous le microscope certains cristaux des principes d'origine organique, comparé à celui des principes d'origine minérale.

30.—Rationnellement, ainsi qu'on le voit d'après l'ensemble de ce paragraphe, on devrait étudier les différents ordres de parties du corps, du simple au composé, en partant de l'extérieur de l'organisme, des appareils, etc., pour arriver aux principes immédiats, au delà desquels cesse le domaine de l'anatomie, au delà desquels on retombe dans la chimie. Ne pouvant traiter de l'anatomie d'une manière complète, mais seulement de l'anatomie générale, nous avons dû procéder du simple au composé, nous avons dû partir des principes immédiats pour arriver aux éléments, puis de là aux tissus et aux systèmes.

Cette marche n'est pas la meilleure lorsqu'il s'agit d'étudier les corps organisés et non les corps bruts ; des circonstances indépendantes de notre volonté nous ont forcés de la suivre. Mais une fois l'étude des principes immédiats faite en procédant ainsi, elle aura l'avantage de montrer plus nettement que le sujet qui va être traité fait bien réellement partie de l'anatomie, c'est-à-dire de l'étude de l'organisation. C'est pour suppléer à ces inconvénients que l'un de nous a publié des *Tableaux d'anatomie* dont nous avons fait mention plus haut. Obligés que nous sommes ainsi de démontrer que c'est bien de l'anatomie que nous faisons (chose qui, si elle était reconnue comme elle devrait l'être, nous épargnerait ces prolégomènes), nous sommes conduits à empiéter un peu çà et là sur des questions qui seront traitées dans le corps de l'ouvrage.

ARTICLE IV.

Objections faites à l'histoire des principes immédiats envisagée comme branche de l'anatomie.

A. *Motifs qui leur ont donné lieu.*

31.—Les objections que nous allons exposer, et auxquelles nous répondrons, ne nous auraient probablement pas été faites si les personnes qui les ont mises en avant avaient pu tenir compte des faits que nous venons de développer. Ces objections n'auraient pas été faites, si l'on eût tenu compte d'une manière suffisamment rigoureuse de l'enchaînement des faits exposés dans les deux ouvrages cités précédemment et dont celui-ci n'est qu'une suite; car ce dernier n'est que l'exécution du plan tracé par les autres. Elles ne l'auraient pas été si l'on eût été suffisamment pénétré de ce fait capital, qu'à toute disposition anatomique se rattache, dans certaines conditions extérieures données, un état dynamique ou physiologique correspondant; ou, réciproquement, que tout acte physiologique quelconque suppose une disposition anatomique en corrélation avec cet acte. Et quelle que soit la continuité des actes, quels que soient les changements qui surviennent après la mort dans les parties agissantes tant solides que liquides, on parvient toujours, soit par des expériences sur les êtres vivants, soit en suivant le mode dont se font ces modifications, à pouvoir se représenter intellectuellement quelle est la disposition statique qui correspond à chaque action déterminée. Du moins, on a résolu ce problème pour un certain nombre de cas, et, ce qu'on doit se proposer, c'est d'en étendre la solution à ceux qui sont encore en litige.

Enfin, ces objections n'auraient pas été faites, si l'on eût connu notre point de départ, s'il eût été commun aux deux parties. Il s'agit donc de formuler quel est ce point de départ; il faut le connaître, ce que rend possible l'exposé précédent.

La tâche que nous avons entreprise est difficile; car il

s'agit d'un sujet entièrement neuf ou à peu près, quant au point de vue où il est pris. Si déjà quelques parties en ont été traitées par M. Chevreul, qui seul a profondément senti la nécessité de faire l'histoire des principes immédiats et l'a partout hautement proclamé, il ne les a abordées, ainsi que nous le verrons, que sous certains points de vue généraux ; ou bien, d'autre part, il en a traité quelques parties spéciales, mais toujours sans établir qu'il s'agit là d'une branche de l'anatomie et non de la chimie. Or c'est là le point capital dès qu'au lieu de prendre à part quelques unes des faces de cette étude, on vient à la poursuivre sous tous ses aspects.

Cette tâche est d'autant plus difficile que les matériaux qu'il s'agit d'élaborer ont plus que toutes les autres parties du corps été l'objet de recherches de toute nature, mais qui ne l'ont jamais été dans une direction déterminée ; en sorte que, loin d'avoir le plus souvent à tirer parti de ces documents, il faut préalablement les soumettre à un examen sévère, et il faut prendre garde de se laisser entraîner à les considérer comme utilisables.

Nous avons donc à rompre et à lutter contre un grand nombre d'idées acceptées et appuyées par beaucoup de chimistes et de médecins. Mais nous lutterons, soutenus par de profondes convictions basées tant sur des données scientifiques que sur une longue étude expérimentale du sujet ; étude faite alternativement en nous plaçant au point de vue chimique (auquel il nous a été impossible de nous maintenir), et ensuite au point de vue anatomique qui a coordonné immédiatement cette immense quantité de matériaux incohérents, et par suite inutiles, qui encombrent les recueils académiques. Nous n'hésiterons pas à reconnaître et à faire voir que pour s'être placé à un point de vue faux, et ensuite trop spécial, lorsqu'il aurait fallu dominer l'ensemble du sujet, on n'a pas retiré de tous ces travaux, dits de *chimie animale*, tout le parti qu'on aurait dû en attendre, et plus souvent encore, on s'est fait illusion sur l'étendue de ce qu'on en pouvait tirer. Nous devons le faire, parce qu'on peut et l'on doit abandon-

ner cette forme de jugement, qui se complaît dans le vague et rejette tout ce qui est net, tranché, précis, pouvant servir de point d'appui sans donner lieu à divagation ; manière de juger qui semble actuellement le suprême de la science, et qui, plutôt de rechercher ce qui est net et positif, susceptible de vérification, préfère tout ce qui sert à parler indéfiniment sans conduire à rien d'applicable. Il faut enfin s'efforcer de sortir de ce dédale où nous plonge *la science faite pour la science*, laquelle ne fait que masquer, sous une vague ardeur pour le progrès, une secrète impuissance envers les plus utiles questions, qui sont en même temps les plus difficiles.

B. *Les objections dont nous allons parler provenant d'une différence entre le point de départ de ceux qui les ont mises en avant et celui que nous avons adopté, il faut faire connaître celui-ci.*

32. — Avec les doctrines changent les méthodes, l'ordre et les procédés.

Au lieu de chercher le *pourquoi* des phénomènes, nous en cherchons le *comment*, qui seul conduit à prévoir et à modifier à notre avantage les actes qui se passent en nous ou autour de nous.

Par suite, au lieu de suivre la méthode objective, nous choisissons la subjective ; au lieu de partir des sciences inorganiques pour aborder l'anatomie, et chercher à déduire des premières tout ce qu'il y a d'applicable à la seconde, nous partons de celle-ci pour puiser dans les autres toutes les notions qui peuvent lui être utiles. Dès lors, au lieu de chercher à déduire de faits les plus simples ceux plus complexes que nous ne connaissons pas, nous allons du composé au simple. Conduits ainsi à expérimenter incessamment sur chaque corps, sur chaque point encore ignoré, nous procédons ensuite par induction ; et rien n'est positif que ce que l'expérience a poursuivi dans toutes les conditions données ; marche lente, mais plus sûre, et surtout indispensable lorsqu'il s'agit d'une chose aussi complexe que la matière organisée, aussi peu connue jusqu'à présent dans son intime

constitution, et pourtant aussi nécessaire à connaître pour le médecin.

Par suite encore, au lieu de suivre l'ordre ascendant qui va du simple au composé, nous suivons l'ordre ascendant au moins intellectuellement, et par suite dans l'analyse anatomique, sinon par écrit. Nous nous appuyons donc constamment sur les notions anatomiques, physiologiques et médicales, connues expérimentalement, pour arriver à celles qui sont inconnues. Nous le faisons en expérimentant, plutôt que de tirer des conséquences trop absolues, pour qu'on puisse s'appuyer sur elles dans la pratique; pratique qui est le côté malaisé, difficile, et qui se développe même, en se nourrissant d'insuccès.

C'est cet ordre descendant qui nous conduit à reconnaître que, parmi les principes immédiatement retirés de l'économie, il s'en trouve qui sont cristallisables et qui ont déjà été étudiés en chimie. L'histoire de chacun de ces corps pris d'une manière absolue a donc deux côtés : l'un chimique, comme tout composé défini quelconque; l'autre anatomique, en tant que principes immédiats de l'économie; comme en constituant immédiatement la substance. En chimie, on les étudie ainsi qu'on le fait pour tout composé naturel ou artificiel, quel qu'il soit; en anatomie, on les poursuit partout où ils se trouvent dans l'économie, sous les points de vue de leur quantité, de leur durée, de leur état solide ou liquide, de leur couleur, odeur, etc. Si l'on ne sépare pas nettement ces deux faces que présente l'histoire des composés définis auxquels nous faisons allusion, il faut s'attendre à retomber dans la confusion dont précisément il s'agit de sortir.

Par suite, enfin, nos procédés diffèrent des procédés ordinaires, parce qu'ils ne sont pas dirigés dans le même esprit; car, en les instituant, nous nous appuyons constamment sur la connaissance de l'arrangement et de la constitution des éléments anatomiques. Nous y joignons de plus l'usage du microscope déjà employé dans le reste de l'anatomie, lequel nous conduit à la détermination des espèces de principes à l'aide

des formes cristallines, en raison de ce fait que : ces formes diffèrent selon la composition chimique élémentaire de chaque espèce.

33. — Avec un pareil changement dans les modes fondamentaux d'élaboration doit se faire une révolution correspondante qui fera changer, lentement il est vrai, mais qui fera changer l'aspect de l'étude de l'organisme en repos ou en action ; puis, par suite, se modifiera la face des doctrines médicales, lesquelles reposent sur l'idée qu'on se fait de l'économie et qui la représentent. Ce changement consistera à donner plus d'unité à toutes les idées dispersées çà et là, en rattachant toutes celles qui sont fondées à des états correspondants des différents ordres de parties de l'organisme depuis les principes immédiats jusqu'aux appareils ; en prenant en considération toujours, non seulement l'agent ou solide et les conditions d'action tenant à l'état des humeurs, mais encore en songeant aux états nouveaux qui surviennent. Ces états nouveaux tiennent à ce que les solides ne pouvant être modifiés sans que changent bientôt les humeurs, et réciproquement, il survient à la longue, et peu à peu, une disposition générale nouvelle, connue sous le nom de *diathèse*.

Ce changement consistera, d'autre part, à faire interpréter d'une autre manière les différents aspects extérieurs des solides et des humeurs ; il conduira à donner plus de précision à cette interprétation, car l'observation montre qu'il y a toujours une relation entre l'état des principes immédiats ou des éléments anatomiques d'un tissu ou d'une humeur et son aspect extérieur. Or, une fois faite l'étude de ces parties élémentaires dans un certain nombre de cas donnés, la manière d'interpréter cet aspect est fixée, elle devient plus nette ; en effet, on ne peut plus attribuer celui-ci à des causes qui ne sont pas, et qui alors peuvent naturellement, selon les caprices de chaque esprit, être supposées physiques, chimiques ou ontologiques. C'est alors qu'on peut dire avec M. Broca, que le microscope enseigne à se servir de l'œil nu ; car le dernier degré de l'analyse anatomique,

une fois appliqué aux principaux ordres d'altérations, nous apprend à pénétrer intellectuellement jusque dans la profondeur des parties altérées; il nous en fait juger l'état d'après l'aspect extérieur qu'une étude directe a montré lui être correspondant.

C'est alors que les idées physiologiques et thérapeutiques inspirées par la vue du liquide d'un kyste, le palper d'un œdème, la délimitation d'une tumeur, etc., sont autres pour le médecin qui sait l'anatomie générale, que pour celui qui se traîne dans l'ancienne routine; et le premier peut sans crainte se laisser traiter de micrologue ou de visionnaire, car ceux qui réagissent sans cesse contre ce qui vient déranger leur petit système artificiel seront bientôt laissés en arrière, et il n'en sera plus question. Savez-vous pourquoi reste maintenant si impuissante cette anatomie pathologique des organes qui s'arrête à leur superficie ou à celle de leur coupe, étude à laquelle on a en vain cherché de rattacher tous les phénomènes morbides? C'est qu'on a omis de tenir compte de l'état des éléments des tissus qui sont les agents, ainsi que des principes immédiats des humeurs qui les traversent et sont les conditions d'action. Les hypothèses les plus hardies, les déductions en apparence les plus puissantes, seront vaines contre cet obstacle, qui ne peut être surmonté que par le travail long et malaisé, mais fructueux, que nous poursuivons; c'est en vain que vous chercherez à le remplacer par quelque chose de plus facile, il faut accepter la difficulté telle qu'elle est. Notez bien qu'avant d'aborder le côté pathologique, vous tenteriez plus vainement encore de vous affranchir de l'étude des parties à l'état normal; c'est pourtant ce que l'on a toujours voulu faire, sans doute pour montrer par expérience l'inutilité des travaux exécutés sans méthode.

C. *Influence générale de la différence qui existe entre le point de départ que nous avons pris et celui qui est communément adopté.*

34. — Les doctrines médicales ont tendu, dans ces derniers temps, à devenir chimiques, parce que les médecins

ont appelé à leur secours les chimistes et ont laissé envahir leur domaine. Ceux-ci ont bientôt outrepassé leurs attributions, parce qu'ils ont négligé de distinguer le côté anatomique de l'étude des composés définis qui se trouvent être principes immédiats. Dès lors, ils ont été entraînés à envisager des principes qui ne sont pas des composés définis, qui ne sont pas cristallisables, comme s'ils étaient des composés chimiques. Ils ont considéré l'albumine, la fibrine, qui sont des principes constitués par l'union en proportion indéfinie de composés cristallisables, comme on envisageait autrefois le suif et le beurre, qui sont constitués d'une manière analogue ; ils les ont étudiées et analysées comme on le fait pour l'urée, l'acide urique, etc.

De là, à traiter de la même manière les éléments anatomiques, qui rentrent un peu plus profondément dans le sein de l'anatomie, il n'y avait qu'un pas. Ce pas, ils l'ont franchi en analysant le tubercule, etc., comme s'il s'agissait d'un sulfate ou d'un urate quelconque. C'est ainsi, par exemple, qu'on a dit sérieusement que les tubercules pulmonaires sont un composé dont la formule est $C^{48}H^{70}N^{12}O^{13}$; à la vérité, ceux du foie forment un composé assez différent : $C^{45}H^{72}N^{12}O^{13}$; ceux du cerveau varient bien plus encore : $C^{46}H^{78}N^{12}O^{14}$; et le reste à l'avenant pour ceux du péritoine et du mésentère. Il faut avouer que ce serait là un composé singulièrement rebelle à la fixité de composition, et quelque soit le but qu'on se fût proposé en faisant ces analyses ; il était infiniment plus scientifique et plus utile de chercher à retirer du tissu tuberculeux ses principes immédiats, afin d'apprendre à en connaître la substance et les causes de ses modifications. Il serait tout aussi rationnel de réduire ainsi en formule les tendons, les muscles ou le poumon que le tubercule ; mais comme ils sont disposés sous forme d'organes bien limités, il y aurait là une énormité telle qu'elle a sans doute fait reculer les chimistes, qui, pour être conséquents, n'auraient pas dû s'arrêter au produit morbide.

D. *Inconvénients de la marche scientifique habituellement adoptée dans les travaux du genre de celui-ci.*

35.—Tous les travaux de ce genre, et ils sont plus nombreux qu'on ne croit, n'ont servi à construire quoi que ce soit. La raison de cela, c'est que toutes les fois que pour construire, ce qui nécessite la notion de l'ensemble, on procède du simple au composé au lieu d'adopter la marche subjective, on n'obtient qu'une accumulation de matériaux incohérents, disparates, inutiles, nuisibles par conséquent. Le seul résultat réel des travaux chimiques à propos d'anatomie aura été de montrer expérimentalement leur inutilité, afin que personne ne vînt commettre la même faute.

Les faits acquis par l'expérience, et ils sont nombreux lorsqu'il s'agit d'une chose aussi compliquée qu'un être organisé, la méthode subjective les généralise par induction et comparaison; mais elle commence d'abord par les regarder tous comme contingents, elle les considère en eux-mêmes dans toutes les conditions, et les coordonne dans l'ordre de leur complication décroissante.

De la connaissance des éléments anatomiques on ne saurait déduire celle des tissus; il faut étudier les éléments d'un côté, les tissus de l'autre. La connaissance des éléments perfectionne celle des tissus, elle lui donne plus de précision et de profondeur, puisqu'elle nous fait concevoir nettement par l'extérieur ce qui existe ou se passe dans l'intérieur; mais elle n'exempte pas plus de l'étude du tissu pris en lui-même, que l'étude du tissu ne fait connaître les éléments. La connaissance de la chimie ne peut exempter d'étudier la biologie, et surtout d'approprier les moyens à la nature nouvelle des phénomènes; et quand nous disons nature nouvelle, ce n'est pas de l'essence, question oiseuse, dont nous voulons parler : c'est nouvelle quant à la complication, complication qui porte d'une manière corrélative et constante aussi bien sur la substance de l'organisme ou agent que sur les actes.

La connaissance des caractères chimiques du sel marin, de la créatine, de l'urée, etc., n'exempte pas de poursuivre

expérimentalement, à nouveau, sans rien déduire de ce qui précède, tous ces composés dans l'organisme, partout où ils sont, en quantité, en volume, état solide ou liquide, d'en rechercher l'origine, la fin et le rôle dynamique. La notion complète de ces principes immédiats ne donne pas celle des éléments anatomiques, pas plus que ces derniers connus, vous ne connaissez les principes qui composent leur substance. Mais la connaissance des éléments est indispensable pour l'étude exacte des principes, laquelle à son tour perfectionne celle des éléments organiques. Elle conduit surtout à se faire une idée nette et précise des phénomènes de nutrition que présente leur substance et sur le régulier accomplissement desquels repose entièrement la manifestation normale des autres propriétés dont ils jouissent encore. Poursuivre cette substance partout où elle se présente avec quelque particularité, reconnaître à quelles proportions des principes qui la constituent, ou à quels principes en particulier elle doit ces particularités, tel est le problème long et difficile qu'il faut résoudre.

36.—Il sera impossible de parvenir à la solution des grandes questions d'anatomie générale, de physiologie et de pathologie, tant que l'on ne saura pas de quelle manière ces principes sont unis les uns aux autres pour former la substance organisée; tant que l'on ne saura pas comment ceux d'origine minérale sont unis à ceux qui cristallisent aussi, mais ne se trouvent que dans les corps organisés; tant qu'on ne saura pas comment ces derniers se réunissent ensemble, en toutes proportions, pour former un troisième groupe de principes non cristallisables; comment, enfin, les principes des trois classes ci-dessus s'unissent ensemble pour former la matière organisée susceptible de vivre, c'est-à-dire de renouveler incessamment ses matériaux par un double acte de combinaison et de décombinaison. C'est sur la solution de ces questions, sur l'étude des éléments anatomiques et de leur arrangement réciproque, que reposent toute la physiologie et la pathologie générale.

Tant que ces questions ne seront pas traitées à fond, nous continuerons à rester dans une stérile agitation ou dans la torpeur; agitation prise pour le progrès, torpeur prise pour la stabilité, mais qui n'est que découragement, suite d'impuissance. Depuis l'étude des principes jusqu'à celle des humeurs et des tissus, c'est en vain que vous demanderez à la chimie ou à la physique de résoudre les questions qui s'y rapportent, car elles sont anatomiques et physiologiques : anatomiques en elles-mêmes; physiologiques quant aux actes ou aux propriétés que manifestent ces corps. C'est à nous-mêmes, anatomistes et médecins, qu'il faut les poser; à nous, qui manifestons notre impuissance en réclamant de la chimie ce qu'elle ne pouvait nous donner, et qui nous plaignons à tort de ce qu'elle brûle ce qu'elle devrait nous décrire, lorsque c'est à nous qu'en revient la description. Cette étude, il est vrai, nous la devons faire à l'aide des instruments de la chimie, mais indépendamment des hypothèses chimiques.

Écoutez, du reste, ce que pense sur ce point un chimiste profond :

« Le moment approche, pour la chimie animale, où l'expérience qu'on a acquise par l'étude des métamorphoses qui s'opèrent dans les produits organiques de nos laboratoires nous conduira à des spéculations chimiques sur celles qui s'opèrent dans les corps vivants, et où les chimistes, *qui ne pressentent pas la nécessité de connaissances profondes, spéciales et détaillées, sur chaque partie de la physiologie en particulier, nous indiqueront hardiment quels sont les phénomènes chimiques* qui ont lieu dans les actes de nature vitale. Cette espèce facile de chimie physiologique est créée sur la table à écrire, et elle est d'autant plus dangereuse qu'elle est développée avec plus de génie; car la foule des lecteurs ne saura pas distinguer ce qui peut être exact de ce qui n'est que possible ou probable, et de cette manière elle sera égarée par des probabilités, elle les considérera comme des réalités, et une fois admises, elles nécessiteront des efforts considérables pour les bannir. La facilité qu'il y a à faire de la chi-

mie physiologique de cette manière, pour ceux qui ont une grande expérience en chimie et une faculté de combiner très développée, et probablement le désir d'être le premier qui mette au jour cette *physiologie de probabilité*, fera naître une émulation pour la priorité qui hâtera la fausse direction de la science (1). »

E. *Ces inconvénients, reposant sur les mêmes motifs que les objections dont nous allons parler, étaient d'autant plus nuisibles, qu'il était impossible d'arriver à une solution en continuant à suivre, dans l'étude de ce sujet, une marche dont inconvénients et objections étaient la conséquence.*

37.— Pourtant, malgré la justesse de ces remarques, malgré les espérances fondées par Berzelius sur la direction des travaux prise par quelques chimistes vers cette époque (Lehmann, etc.), les choses en sont restées à peu près où elles en étaient alors, parce que Berzelius lui-même et les autres chimistes ont continué à procéder en allant de la chimie à la physiologie, au lieu de suivre la marche inverse.

Les doctrines médicales, avons-nous dit, représentent assez bien l'idée qu'on avait eue à différentes époques de l'organisme (agent) et de la vie (actes). Or on parle, depuis un certain nombre d'années, de la chimie physiologique, de la médecine chimique, parce qu'on commence à comprendre que de chaque élément, ou des tissus qui en sont formés, on peut retirer un certain nombre de principes immédiats qui sont pour la plupart, mais non pour la plus grande masse, des composés chimiques définis unis les uns aux autres. On le comprend surtout depuis que tant de fois M. Chevreul, et plus récemment Liebig, l'ont montré, n'hésitant plus à accepter les enseignements d'une longue expérience qui leur a fait substituer l'extraction anatomique des parties constituant l'organisme à l'analyse élémentaire de sa substance. Elles réagissent, ces parties constituantes, les unes sur les autres d'une manière qui ne

(1) Berzelius, *Rapport annuel sur les progrès de la chimie, présenté à l'Acad. de Stockholm le* 31 *mars* 1842. Paris, traduct. franç., in-8°, 1843, p. 309.

nous est pas encore assez connue expérimentalement, mais qui, au fond, constitue les actes d'assimilation et de désassimilation de la nutrition; nutrition qui est le plus général des phénomènes de la vie et en reproduit la définition. Sur la connaissance de cette union et de ces réactions donc reposent les théories physiologiques et médicales les plus fondamentales; car une théorie exprime un fait général, qui est le *savoir* servant *à prévoir*, afin d'*agir*. Si donc ces faits généraux, tant anatomiques ou statiques que physiologiques ou dynamiques, si on ne les connaît pas, on ne pourra pas *prévoir*, mais seulement soupçonner, et l'on ne réussira qu'autant que le hasard aura fait tomber juste le soupçon. Mais on ne réussira pas si l'on ne devine pas juste, ce qui arrive souvent; aussi préfère-t-on ne pas chercher à prévoir : d'où le mauvais empirisme, qui est l'étude de chaque acte morbide isolément, indépendamment de ses conditions d'existence, généralement appelées *causes*.

38.—Ainsi donc, partant de la connaissance des parties du corps les plus complexes, des notions organiques les plus élevées, nous descendons successivement jusqu'à reconnaître que l'organisme se subdivise en tissus et en humeurs, ceux-ci en éléments et en principes immédiats. De ceux-ci, les uns se trouvent être des composés définis cristallisables : ce sont les plus nombreux, mais les moins abondants, quant à la masse. Les autres ne sont pas cristallisables; ils sont formés par union, en toutes proportions, de quelques uns des autres; ils sont peu nombreux, mais abondants. Voilà qui est un fait expérimental, contingent, qui aurait pu être tout autre, mais qui se trouve être ainsi. Puis, ces principes, il faut les prendre en eux-mêmes pour ce qu'ils sont, comme on le fait pour chaque espèce d'élément anatomique proprement dit. Vu les propriétés de ces corps, il faut le faire à l'aide des instruments chimiques, mais indépendamment de toute hypothèse chimique; car, en procédant chimiquement, on détruit éléments et principes, tandis qu'il faut dédoubler les humeurs en principes généralement cristallisables, les éléments en

principes non cristallisables ou *substances organiques;* généralement lesquelles se dédoublent à leur tour en principes cristallisables, comme le suif en stéarine, oléine et margarine. L'état stationnaire dans lequel nous sommes depuis si longtemps tient à ce qu'on a procédé en sens inverse : on a déduit de la physique et chimie à l'anatomie. Aussi peut-être ces remarques, résultats généraux d'expériences de toutes sortes sur la matière organisée, seront-elles peu acceptées, surtout probablement par les chimistes, qui sont peu préparés à le faire, leurs études ne s'étendant jamais jusqu'à l'anatomie et la physiologie poursuivies depuis une extrémité jusqu'à l'autre ; mais ce qu'il importe surtout, c'est que les médecins le comprennent.

PREMIER ORDRE D'OBJECTIONS.

39. — La première objection qui nous soit faite habituellement consiste à dire que : l'histoire des principes immédiats n'appartient pas à l'anatomie. Le peu de fondement de cette objection se manifeste aussitôt par l'hésitation habituelle que détermine la demande de fixer sa situation dans la hiérarchie scientifique ; mais ceux qui n'hésitent pas la placent, les uns dans la chimie, les autres dans la physiologie, d'autres entre l'une et l'autre, comme si l'on pouvait être assis entre deux chaises ; ou bien dans l'une et l'autre à la fois, comme si l'on pouvait être dans deux endroits simultanément.

Ces divergences ne manifestent pas moins que l'hésitation le peu de fondement de l'objection.

40.—1° *La stœchiologie doit-elle rentrer dans le domaine de la chimie, parce que la plupart des principes immédiats sont des composés chimiques définis?*

Nous venons de montrer (art. III et IV) que parmi les principes immédiats de l'organisme, il s'en trouve qui sont des corps définis cristallisables : l'histoire de ces corps, prise d'une manière absolue, présente conséquemment deux côtés ; mais ces

deux faces sont essentiellement distinctes et ne doivent nullement être confondues. En tant que composés définis cristallisables extraits du corps, ils doivent être étudiés en chimie, au même titre qu'un silicate ou un carbonate extraits de la terre. En tant que partie constituante du corps, nous avons vu qu'ils devaient être étudiés en anatomie au même titre que toute autre partie de l'organisme. Inutile de revenir sur ce fait. Cette objection repose donc en entier sur une connaissance incomplète ou inexacte de la détermination des attributions de l'anatomie, d'une part, et de la chimie de l'autre; suite nécessaire d'une trop grande spécialisation des études théoriques fondamentales.

Et même, comme en définitive la chimie doit toujours être faite dans un but utile et déterminé, il est plus d'un corps dont l'étude chimique, jusqu'alors presque négligée ou faite seulement à l'égal de celle d'un composé quelconque, sera au contraire poursuivie d'une manière spéciale et approfondie; parce qu'il est reconnu qu'ils sont devenus plus importants à bien connaître, par suite de ce fait, que ce sont des principes immédiats. C'est ainsi surtout que la chimie proprement dite, ou scientifique, deviendra utile à la stœchiologie. Mais si l'étude anatomique des principes suppose faite leur histoire chimique, ces deux études ne doivent pas plus être confondues qu'on ne confond la physique avec la chimie, quoique l'étude de celle-ci suppose faite celle de la première; pas plus qu'on ne confond l'ensemble de ces deux sciences avec l'anatomie, parce que leur connaissance est indispensable pour les études organiques.

Notez bien, d'autre part, que tous les principes immédiats ne sont pas dans le cas des précédents; tous pris en eux-mêmes ne peuvent pas être le sujet de deux ordres d'études, l'un organique, l'autre inorganique. Tous les principes non cristallisables, de composition chimique indéfinie, comme les graisses, l'albumine, la fibrine, etc., doivent être étudiés en anatomie et en anatomie seulement; et cela, parce que ce ne sont pas des composés définis cristallisables. Il faut les prendre

en eux-mêmes, pour ce qu'ils sont, et les poursuivre dans toutes les régions de l'économie, etc., en examinant toutes leurs particularités et modifications, comme on le fait pour toute autre partie de l'organisme, les fibres musculaires, les tubes nerveux, par exemple, etc. Ces principes formés par l'union, en proportion variable indéfinie, de ceux qui sont cristallisables et d'origine organique seulement, présentent, en effet, quelques différences dans leurs caractères, suivant les régions de l'économie où ils se trouvent; absolument comme tous les éléments anatomiques (fibres, tubes, cellules, etc.), qui ne sont pas placés exactement dans les mêmes conditions de nutrition, de pression, de mélange, de texture, etc.

Ne croyez pas que parce qu'on a étudié jusqu'à présent ces principes-là, exclusivement en chimie ou en physiologie, il doive continuer d'en être ainsi. L'imperfection de leur histoire sous beaucoup des points de vue qui devraient être utiles en médecine : l'inutilité, sous ce rapport, de la plupart des faits que nous a enseignés la partie purement chimique de leur étude, montre assez que celle-ci pèche par quelque côté important. Elle pèche précisément parce que l'étude anatomique proprement dite n'a pas été faite d'une manière satisfaisante, préoccupé qu'on était par les recherches chimiques.

Nous avons déjà fait voir comment, pour n'avoir pas séparé le côté anatomique du côté inorganique des principes immédiats cristallisables, on avait été bientôt entraîné à comprendre, dans les attributions de la chimie, des corps dont l'étude ne lui revient pas, puisque ce ne sont pas des composés chimiques définis. Il y a là un vice d'attributions scientifiques dont nous avons fait sentir les inconvénients, et maintenant qu'il est connu, cet état de choses doit cesser. Maintenant que l'on peut savoir exactement à quelle subdivision de la science appartient l'étude de ces corps et dans quel but elle doit être faite; maintenant que les insuccès des recherches purement chimiques au point de vue de l'utilité, même indirecte, en physiologie, nous sont parfaitement con-

nus, on ne peut ni ne doit hésiter à faire rentrer dans le domaine de l'anatomie ce qui lui revient, ni à mettre chaque chose à sa place. La nécessité où l'on est de fondre dans la chimie l'histoire des substances organiques, non cristallisables, de composition indéfinie, quand on ne sépare pas le côté anatomique du côté chimique de l'examen des principes immédiats cristallisables, aurait dû suffire à elle seule pour montrer qu'il s'agit là de deux ordres distincts d'étude.

41. — 2° *La stœchiologie n'est-elle qu'une partie de la chimie, parce que l'histoire anatomique de chaque principe immédiat est bien moins étendue que la partie chimique de leur étude?*

Cette objection est peu sérieuse au fond; car, qu'importe l'étendue relative de ces études à côté du but que l'on se propose d'atteindre et que l'on atteint?

Dans notre livre, la partie anatomique proprement dite de l'histoire des principes immédiats est peu étendue comparativement à celle du paragraphe qui traite de leur extraction, laquelle est souvent appuyée par des notions de chimie, surtout quand il s'agit d'un corps encore peu étudié chimiquement. Il ne faudrait pas croire d'après cela que la valeur du travail soit diminuée sous le rapport anatomique. Cela indique seulement qu'entraîné jusqu'à présent par un autre point de vue, qui n'a conduit qu'à fort peu de résultats utiles, on a négligé le côté important, le côté anatomique. Cela indique que ce côté de l'histoire des principes immédiats est peu avancé, mais nullement qu'il n'existe pas. L'étendue relative ira en sens inverse à l'avenir, dès que les procédés d'extraction auront été simplifiés; dès que, prenant chaque principe l'un après l'autre, on le poursuivra dans toutes les parties de l'économie où il se rencontre, pour chercher à connaître toutes les particularités qu'il présente et le rôle qu'il y remplit.

L'exposé que renferme ce livre doit au reste mettre à même quiconque sait un peu d'anatomie et de chimie d'aller plus loin que nous. Absorbé que se trouve l'esprit par la nécessité de se maintenir à un point de vue méthodique, indispensable

pour retirer de travaux chimiques de tous genres la partie de l'histoire anatomique des principes confondue avec son côté inorganique, nous avons pu omettre involontairement, mais presque inévitablement un certain nombre de faits de détails. Mais il est bien certain que se basant sur ce qui est fait ici pour tous les principes, on pourra bien vite en pousser l'étude anatomique à un degré de précision plus grand, dès qu'on prendra séparément chacun d'eux pour l'étudier à part.

42. — 3° *L'histoire des principes immédiats doit être fondue dans la physiologie et lui revenir.*

Cette objection ne repose que sur une idée inexacte de ce qui revient à l'anatomie et à la physiologie, point que nous avons déjà traité plus haut (art. III et IV). Il est impossible, dit-on, d'en concevoir l'étude séparément de celle de la physiologie ; séparément des phénomènes qui se passent dans les humeurs, qui sont les parties essentiellement actives et le sont toujours, en sorte qu'on ne peut se les représenter un instant à l'état de repos.

Nous avons déjà vu que les actes qui se passent dans les solides sont aussi importants que ceux qui ont lieu dans les humeurs, et l'importance de ces derniers porte sur ce qu'on ne peut concevoir les autres sans qu'eux aient lieu aussi.

Les changements continus que présentent incessamment dans les humeurs les principes immédiats au point de vue de leur quantité relative, etc., sont très réels ; mais il n'en est pas moins vrai qu'on peut prendre chaque humeur à un état donné, et voir quels sont les principes qui s'y trouvent et en quelle quantité. Le tout est de subordonner l'analyse anatomique du liquide à l'état physiologique ; en un mot, de toujours tenir compte de l'état physiologique de l'humeur au moment de l'analyse, et non pas de considérer chaque fluide comme un tout invariable et constamment le même. C'est ce qu'a si bien fait ressortir M. Bernard en montrant que puisque la bile est acide dans les intervalles des digestions, et alcaline pendant, on ne peut admettre que sa constitution soit la même dans les deux cas.

et il faut en extraire les principes immédiats dans l'une et dans l'autre condition.

Malgré l'évidente nécessité d'étudier au point de vue statique ou anatomique les principes immédiats, puisqu'ils prennent part à la *constitution* des humeurs et des solides, au même titre que les éléments à la formation des tissus, nous avons vu pourtant des auteurs admettre le titre de *chimie physiologique* et ne pas comprendre celui de *chimie anatomique;* comme si l'un pouvait aller sans l'autre. Du reste, déjà nous avons dit, que ces titres réunis ou séparés sont aussi vicieux l'un que l'autre, et que c'est de peur de n'être pas compris à l'époque actuelle, que cédant aux observations qui nous ont été faites à cet égard, nous avons joint ce titre à celui d'*étude des principes immédiats.*

Les changements continus qui ont lieu dans les humeurs, changements qui caractérisent le double mouvement nutritif qui s'y passe, ont lieu tout aussi bien dans les solides, et le fait est par trop évident pour qu'il soit nécessaire d'insister sur ce point. Il est bien certain que dans les solides il se passe également des modifications correspondantes à celles des humeurs sous le rapport de la quantité, etc., de chacun de leurs principes immédiats; car le mouvement nutritif, qui s'opère par transport et union et désunion des principes immédiats, s'opère dans les solides comme dans les humeurs, quoique avec une moindre intensité ou rapidité. Il n'y a là qu'une différence de degré, mais non différence absolue; c'est à tort et faute de connaître suffisamment la constitution et les propriétés des éléments anatomiques, qu'on a pu croire que les modifications qui ont lieu dans les humeurs par suite du mouvement nutritif, ne se passent pas dans les solides.

43. — 4° *L'étude des principes immédiats doit-elle être placée entre la chimie et l'anatomie?*

Il se trouve, en effet, que les principes immédiats, vu leur plus grande simplicité que les autres parties du corps (puisque celles-ci sont constituées par ceux-là), doivent être placés à la partie inférieure de l'anatomie ; il se trouve en outre que,

par suite de cette simplicité, l'examen de leurs propriétés exige l'emploi continu de connaissances et de procédés chimiques ; mais il faut de toute nécessité que cette place soit nettement déterminée, et nous avons suffisamment démontré que c'est du côté de l'anatomie que la balance doit pencher et rester fixée. Des idées vagues là où il faut précisément les notions les plus exactes, et une vicieuse détermination des attributions de la chimie et de l'anatomie, ont seules pu faire admettre une idée aussi opposée à toute méthode scientifique.

44. — 5° *La stœchiologie est-elle une subdivision de la science tenant à la fois de la chimie, de l'anatomie et de la physiologie ?*

Il faut d'abord appliquer ici ce que nous venons de dire (4°). De plus, il est bien évident qu'elle appartient à l'anatomie par son sujet, qui est l'étude d'un ordre des parties constituantes de l'organisme, et par son but ou objet, qui est de connaître l'organisation. Les moyens employés pour atteindre le but sont, il est vrai, en partie ceux de la chimie, mais ils sont dirigés dans un autre esprit. De plus, ce n'est jamais d'après les procédés employés que se font les déterminations d'attributions scientifiques, puisque c'est la nature de l'étude même qui détermine la nature des procédés. Ce qui la détermine, c'est la nature simple ou complexe des phénomènes, c'est la destination finale de l'étude. C'est donc pour avoir confondu le moyen avec le but que cette objection a pu être mise en avant.

DEUXIÈME ORDRE D'OBJECTIONS.

45. — Mais, dira-t-on, c'est s'imposer forcément des répétitions que de parler maintenant du chlorure de potassium, de la créatine, de l'urée, etc., pour en parler encore en traitant du sang, des muscles, de l'urine, etc., et évidemment l'histoire des principes immédiats doit être fondue dans celle des humeurs et des tissus ; elle en fait partie.

C'est là un faible argument, et pour deux raisons.

D'abord, du moment où le discours n'en devient pas fatigant et désagréable, qu'importe que l'on se répète, si cela est nécessaire pour que l'exposition soit claire, et si l'on est ainsi conduit à éviter toute confusion. Voilà pour l'ordre.

Mais il y a une raison autrement importante qui montre à la fois qu'il n'y a pas de répétition en faisant séparément l'histoire des principes immédiats, puis celle des humeurs ; et cette raison montre, de plus, que ces deux sujets ne peuvent ni ne doivent être fondus en un seul. Dans l'histoire des principes immédiats, il s'agit de poursuivre chacun d'eux (sel marin, urée, créatine, etc.) partout où il se trouve dans l'économie ; au point de vue de la quantité absolue et relative, de sa durée, de son état solide ou liquide, directement ou par solution à l'aide d'un autre corps, de son origine, de sa fin, etc. Le principe est ici considéré en lui-même ; son histoire est faite complétement, par rapport à l'organisme, sous tous les rapports, tant normaux que morbides; puis ensuite chaque élément organique, chaque humeur ou chaque tissu (fibres musculaires, sang, lymphe, bile, tissu adipeux, etc.), seront étudiés sous les mêmes points de vue des régions où on les trouve, de la quantité, durée, couleur, odeur, et, en arrivant à l'énumération des parties qui les composent, seront énumérés les principes qui les constituent. Mais là ce n'est pas l'histoire du principe qui est refaite; ce n'est qu'un rappel du nom et de l'état solide ou liquide par dissolution directe ou indirecte. Réunir par simple énumération, les uns à côté des autres, les principes immédiats les plus divers qui constituent chaque humeur, les envisager ensuite spécialement, s'il y a lieu, par rapport à celle-ci, et non relativement à toute autre partie du corps, ce n'est pas là répéter ce qui a été dit à propos de chaque principe pris à part. Envisager un certain nombre de principes immédiats différents par rapport à une espèce d'élément ou une humeur qu'ils constituent spécialement, ce n'est certainement pas faire la même chose que de prendre séparément

chaque principe pour réunir autour de lui tous les faits qui se rapportent à son histoire.

Dans l'étude des tissus et des humeurs, tous les faits relatifs à chaque principe sont dispersés et envisagés sous un point de vue tout spécial, et pour chacune d'elles ils se réduisent à peu de chose. Dans l'étude des principes, considérés chacun comme partie constituante de l'organisme, les faits, pris sous un autre point de vue du reste, sont groupés autour de lui, et d'un seul coup d'œil on en saisit toute l'histoire. De plus, il est facile de voir que, ces faits connus, l'étude des humeurs acquiert un degré de précision et de simplicité qu'elle laisse encore à désirer ; car alors on n'est plus obligé de refaire, à propos de chacune d'elles ou de chaque tissu, l'histoire plus ou moins abrégée de chacun des principes qui en compose la substance.

Ainsi, d'une part, quand les mêmes faits se trouvent mentionnés en stœchiologie d'abord, puis en histologie ou en hygrologie, il n'y a dans ce cas que rappel et non répétition; ou bien ils sont pris sous un point de vue nouveau qui exige la connaissance des précédents. D'autre part, la différence des sujets traités, puis la différence du but qu'on se propose, montrent que ces deux ordres d'études ne peuvent être fondus en un seul.

TROISIÈME ORDRE D'OBJECTIONS.

46. — Mais, dit-on encore, vous allongez indéfiniment l'anatomie; comment faire si l'on vient encore lui adjoindre un nouvel ordre d'études ?

Il n'en est rien pourtant. Ne croyez pas qu'en montrant qu'il y a réellement dans l'anatomie un ordre de parties qui ne s'y trouve pas encore étudié, et dont il faut pourtant s'occuper, on augmente la durée et la difficulté des études. Loin de là; car il ne faut pas se guider, pour en juger, sur nos livres actuels, dont la longueur et l'aridité ne tiennent qu'à la confusion de choses différentes et au nombre de celles mal

classées qu'ils renferment; il s'agit maintenant soit de les élaguer, soit de les coordonner, ce qui les abrége en les simplifiant. Il ne faut pas même, à cet égard, se guider entièrement sur ce livre, dont la longueur tient à la pénible nécessité où nous sommes de combattre incessamment des faits encore admis, de donner pour chaque principe un historique fastidieux, et de faire l'histoire des *principes qui n'existent pas*, mais qu'on avait cru exister; autant de questions que nous avons dû traiter, mais dont l'utilité n'est qu'accessoire et momentanée.

D'abord, en étudiant ainsi chaque chose à sa place, la chimie et l'histoire des tissus et des humeurs se trouvent abrégées d'autant, sans compter qu'elles deviennent plus complètes et plus précises. On sait en effet que l'anatomie, au point de vue de la méthode, sert, surtout en physiologie normale et pathologique, à rattacher d'une manière nette chaque notion physiologique à une disposition anatomique correspondante, de manière à empêcher toute divagation, toute hypothèse inutile, sur la relation probable de cause à effet entre l'état de l'organisme et l'acte correspondant. Il est bien évident, dès lors, que les actes nutritifs si variés qui se passent dans les tissus et les humeurs ne pourront être nettement interprétés qu'à l'époque où l'on sera parvenu à déterminer : d'abord le nombre des espèces de principes, puis auxquels de chacun de ceux-ci se rapportent les actes en question. Des notions plus exactes, plus organiques, si l'on peut dire ainsi, sur les principes immédiats, eussent certainement empêché de s'écarter autant de la réalité dans les nombreuses hypothèses faites par chaque médecin sur la goutte, le rhumatisme, etc., à propos de l'urée, de l'acide urique, etc. La pathologie générale et spéciale se trouvent ainsi également simplifiées, dès qu'on peut et qu'on a soin de faire des théories toujours en rapport exact avec les propriétés et la disposition anatomique des principes dans l'économie; car c'est surtout à des modifications des actes nutritifs et de ceux qui s'y rattachent secondairement que sont dus les phénomènes

principaux des affections morbides dites générales, d'après cela même que la *nutrition*, n'ayant plus lieu normalement, toutes les parties de l'organisme sont nécessairement en souffrance.

Il n'est personne de ceux qui ont parcouru cette immense quantité de travaux petits ou grands qui remplissent les recueils, et dont les volumes se comptent par centaines, qui n'ait senti le besoin de coordonner ces matériaux épars, lesquels, lorsqu'ils sont de même nature, se lient souvent les uns aux autres par quelques points. L'histoire des principes immédiats satisfait à cette nécessité; cette quantité si considérable d'analyses de liquides, de calculs, de tumeurs, se trouve ainsi utilisée et chacune d'elles trouve sa place. Tous ces matériaux, enchaînés les uns aux autres et utilisés chacun selon sa valeur, ne sont plus difficiles à retenir; car cette coordination fait que ce n'est plus à la mémoire nominale seule qu'on peut avoir recours, mais encore à la comparaison et à la coordination.

Il s'agit donc maintenant de coordonner ces matériaux qui surabondent et de les reviser en substituant à la méthode ancienne une méthode plus parfaite et plus précise. Il ne s'agit plus d'en faire à la hâte des compilations plus ou moins confuses et dépourvues de l'ordre qui fait éviter les omissions; ouvrages qui ont paru depuis quelques années, en Angleterre et même en Allemagne, en assez grand nombre. Il faut que chaque travail soit pesé, et rejeter sans hésitation, dans l'histoire de la science, le nombre considérable de ceux qui, par suite de procédés trop grossiers ou par toute autre raison, ne renferment pas de résultats suffisamment certains.

QUATRIÈME ORDRE D'OBJECTIONS.

47. — On nous reproche de rétrograder, de faire reculer la science, en repoussant l'application des déductions chimiques aux faits physiologiques.

Ceux qui auront suffisamment senti que l'étude des principes

immédiats est faite dans le but d'arriver à mieux connaître la constitution de la substance dont sont formés chaque tube, chaque fibre ou chaque cellule, etc.; ceux qui, avec Berzelius, *pressentent la nécessité de connaissances profondes, spéciales, détaillées, de l'organisme, pour traiter les questions physiologiques*, n'émettront certainement pas une semblable objection. Ils reconnaîtront que chacune de ces questions doit être étudiée en elle-même, prise pour ce qu'elle est, en tenant toujours exactement compte de l'état des parties où se passe l'acte. En effet, nous repoussons la logique déductive dans ce cas ; mais nous employons celle qui procède par comparaison et induction. Par là, nous sommes conduits à généraliser, après avoir pourtant étudié expérimentalement chaque problème morbide ou normal, depuis les causes ou conditions de dissolution et de précipitation de la cholestérine dans la bile et ailleurs, jusqu'à celles qui peuvent donner à une humeur la propriété de réagir acide ou alcalin à des intervalles de temps très rapprochés.

Mais de ce que nous substituons ainsi une marche plus lente à celle que l'on avait cru pouvoir choisir, nous ne retournons pas en arrière ; car nous ne faisons que continuer, en la complétant et en la systématisant, celle que le bon sens pratique a toujours conservée instinctivement. Du reste, il ne faut pas croire que ce soit un progrès que de faire ainsi des applications directes des hypothèses chimiques à la physiologie; applications que bientôt il faut abandonner, après qu'elles ont fait illusion pendant un certain temps. Ainsi quoiqu'on paraisse aller plus lentement en prenant une voie qui force d'observer directement la matière organisée, de l'étudier en elle-même, et de poursuivre chaque principe sous tous ses points de vue, cette marche n'en n'est pas moins en définitive la plus rapide; car elle ne force pas à abandonner à chaque instant les déductions hasardées, données pourtant comme vraies, définitives ; comme devant exprimer la manière dont les choses se passent dans l'économie vivante.

ARTICLE V.

But et avantages de l'histoire des principes immédiats.

48.— Comme branche de l'anatomie, l'histoire des principes immédiats a naturellement le même but général que l'anatomie, qui est la connaissance précise de l'organisation.

Prise en elle-même, la stœchiologie est une branche de l'anatomie qui a pour *sujet* l'étude des principes qui constituent immédiatement la substance organisée, et pour *but ou objet*, d'arriver à connaître comment par eux est constituée cette matière.

Nous ne sommes plus, en effet, à une époque de la science où ne sachant au juste à quoi l'appliquer, dans quelle direction la faire, on doive la poursuivre sans se proposer un but à atteindre. La *science pour la science* a pu et a dû être faite à diverses époques, lorsque découvrant par l'expérience une série de faits nouveaux (comme ceux relatifs à l'électricité, etc.), ne pouvant encore être rattachés à aucun autre ordre de phénomènes, on sentait pourtant la nécessité de les étudier. Mais, actuellement, toutes les sciences fondamentales peuvent être disposées rationnellement les unes à la suite des autres, d'après la complication croissante des faits dont elles traitent, de manière à pouvoir dire dans quelles limites chacune d'entre elles est utile à celle qui la suit ou la précède. Maintenant aussi nous pouvons savoir quelle est la liaison et quelle est l'utilité réciproque des diverses subdivisions intérieures secondaires de chaque science, toutes classées d'après le même principe que les sciences principales; actuellement, enfin, nous pensons, et cela dérive des faits précédents, connaître l'utilité pratique de chacune de ces sciences, de même que de leurs subdivisions en particulier. Il serait donc oiseux et nuisible, ce dont il existe de nombreux exemples, de continuer à faire la science pour la science, sans avoir une notion suffisante de l'ensemble, qui permette de diriger tous ses efforts vers un perfectionnement général, ou vers une appli-

cation spéciale bien déterminée. On peut alors, par suite, appeler à son secours tous les moyens d'étude que prêtent aux sciences qui traitent des sujets les plus complexes celles qui envisagent les plus simples, et réciproquement.

On ne saurait donc étudier les principes immédiats pour eux-mêmes : il faut chercher à les connaître sous tous leurs points de vue pour mieux être pénétré de la constitution de la substance de nos éléments anatomiques ou de nos humeurs; ce qui nous fera interpréter plus exactement les actes qui s'y passent. Il faut le faire, dans le but, surtout, de mieux posséder toutes les particularités de la *nutrition*, tant au point de vue normal qu'à l'état morbide ; propriété d'ordre organique ou vital la plus générale ; propriété sur laquelle reposent toutes les autres et dont une modification quelconque entraîne quelques changements dans celles-ci, soit la sensibilité, la contractilité, ou même simplement l'élasticité, etc. C'est là le but qu'il faut se proposer ; et c'est alors qu'on doit dire que toute l'étude de la physiologie repose actuellement sur la connaissance approfondie des principes immédiats, et en disant physiologie, on peut ajouter aussi, pathologie générale.

Nous ne voulons nullement dire par là que toute la physiologie réside dans l'étude des principes immédiats. Ce serait là une erreur du genre de celles que fait connaître la culture trop absolue d'une spécialité quelconque; elle conduit, en effet, toujours à croire que celle qu'on a choisie est le fondement de tous les autres ordres de connaissances, lesquelles n'en seraient que des branches accessoires. Nous voulons dire seulement que la stœkhiologie est une subdivision de l'anatomie, indispensable à connaître pour faire l'étude des *éléments*, comme celle-là est indispensable à l'étude des *tissus* et des *humeurs*, comme cette dernière pour connaître les *systèmes;* et ainsi des autres jusqu'à la notion d'organisme en passant par celle d'*organe* et d'*appareil*. Mais nulle branche de l'anatomie étudiée isolément ne peut plus qu'une autre représenter la connaissance de cette science et exempter de l'examen

des autres. Nous voulons dire encore que beaucoup de difficultés offertes par plusieurs subdivisions de l'anatomie, dont on cherche la solution par divers moyens, ne peuvent être résolues que par une notion exacte de la subdivision de l'anatomie générale que nous étudions. C'est ainsi, par exemple, qu'après avoir exécuté la plus grande partie de l'étude des éléments anatomiques, et sur le point de commencer celle des humeurs, l'un de nous a été forcé de s'arrêter devant les difficultés incessantes auxquelles nous faisons allusion et d'en venir à l'exécution de ce travail qu'il avait cru pouvoir remettre à plus tard. Aussi c'est en vain que les auteurs d'anatomie générale cherchent à éviter les erreurs qu'ils reprochent à leurs prédécesseurs, ils y retombent malgré eux, faute de tenir compte de ce préliminaire indispensable. Nous voulons dire enfin que beaucoup de notions physiologiques capitales, relatives à la nutrition, les sécrétions, absorptions, etc. (actes vitaux qui influent sur tous les autres), ne peuvent être acquises qu'autant qu'on s'appuie sur la connaissance de l'anatomie générale et sur celle des principes immédiats spécialement, parce que c'est la partie la moins étudiée.

Mais il est du reste facile de reconnaître qu'il est impossible d'atteindre ce but, même incomplétement, si l'on ne procède de l'étude des appareils pour arriver à celle des éléments ; si, après avoir étudié les autres branches de l'anatomie et de la physiologie, on ne voit pas qu'il manque encore, pour les posséder d'une manière approfondie et jusque dans les moindres détails susceptibles d'application, tout un ordre de notions fournies par une autre subdivision de l'anatomie ; notions qu'il s'agit maintenant de chercher à acquérir.

49. — Les chimistes, ne sachant quel but anatomique et physiologique ils devaient se proposer quand ils étudiaient un principe, les ont généralement examinés sans direction déterminée ; ils ont fait de même pour les tissus et les humeurs : de là les inconvénients signalés précédemment ; de

là vient encore que si souvent ils ont étudié les produits de la décomposition des principes, croyant étudier ceux-ci. C'est pourquoi ceux qui ont cru aborder directement leur étude ont, comme nous le montrerons dans l'historique, tourné incessamment autour du sujet sans le traiter lui-même. Souvent ils ont traité de tout, moins du sujet lui-même. Quant à la direction à prendre, c'est dans l'étude de l'anatomie et de la physiologie qu'il faut aller puiser les renseignements.

A. *Avantages généraux de l'étude des principes immédiats.*

50. — Il suffira de rappeler ici quelques faits dont nous avons déjà parlé. L'utilité la plus générale de l'anatomie est de servir à lier ensemble des notions physiologiques; notions dont les principales sont toujours acquises sans le secours de l'anatomie et sont ainsi souvent connues avant les notions anatomiques. La connaissance de l'agent organique ou anatomique sert alors à perfectionner la notion de l'acte (fonction, usages, propriétés, etc.), en conduisant à rattacher à lui une multitude de notions des phénomènes, qui, sans cela, tendraient à rester disséminées, et qui, de plus, envisagées sans que l'on eût déjà une notion précise de l'agent qui les exécute, pourraient certainement donner lieu à des divagations. Aussi l'anatomie est-elle indispensable à la physiologie. Laissant ici de côté les applications de la première de ces sciences à la chirurgie et à l'expérimentation physiologique, on peut dire qu'elle ne sert pas à autre chose pour la physiologie proprement dite, et que c'est aussi là toute l'utilité de l'anatomie pathologique par rapport à la symptomatologie.

Il importe de savoir que ce n'est que très rarement que la découverte d'un appareil a fait découvrir une fonction. C'est ordinairement l'inverse qui a eu lieu; et, dans le cas où l'organe a été découvert avant la fonction, il a toujours été nécessaire d'étudier celle-ci en elle-même. En un mot, on n'a jamais pu, de la structure d'un organe mort, déduire les actes qui s'y passent, et l'expérience montre, comme cela est arrivé pour le pancréas et les glandes de Brunner comparées aux salivaires, que les déductions possibles dépassent toujours la

réalité ou s'en éloignent. On peut bien, par comparaison, dire que si telle chose se passe dans un organe, cela tient à ce qu'il a telle structure, que telle particularité d'action tient à telle particularité anatomique ; mais on ne peut pas de la structure déduire l'usage. Ainsi de la structure en grappe de toutes les glandes salivaires, on avait conclu à une identité d'usage; mais l'expérience a montré que chacune d'elles sécrète un suc différent, et voilà que l'anatomie, guidée par ce fait, vient de montrer une différence de texture.

Ces faits sont applicables à l'étude des principes élémentaires des corps, et il importe de se rappeler que leur connaissance la plus précise ne permet que des déductions physiologiques très restreintes, beaucoup plus qu'on ne l'a pensé jusqu'à présent. En outre elle ne peut servir, comme le reste de l'anatomie, qu'à empêcher de croire possibles, par toute espèce de causes, beaucoup de phénomènes organiques; elle les rattache toujours à leurs conditions d'accomplissement.

L'étude des principes immédiats une fois négligée, il en résulte qu'on manque d'un nombre considérable de notions indispensables à la connaissance du reste de l'anatomie ; car quoique ne paraissant qu'un préliminaire des études organiques proprement dites, c'en est pourtant une partie indispensable. Il est en effet évident que, si vous ne connaissez bien quels sont réellement les principes qui constituent le sérum sanguin, vous pourrez rapporter les phénomènes physiologiques qui s'y passent à quelque principe que ce soit, et non à sa véritable cause, et ainsi des autres : d'où discussions interminables ne conduisant qu'à de simples assertions sans base expérimentale. Mais une fois connus les principes, agents de cet acte, l'esprit est fixé, des expériences peuvent être conçues et dirigées ; la physiologie, puis la pathologie, peuvent être alors perfectionnées.

B. *Avantages spéciaux de l'histoire des principes immédiats.*

51. — Cet article, comme on va le voir, est presque entièrement tiré des écrits de M. Chevreul, qui seul, on peut le dire, a jusqu'à présent nettement conçu et partout proclamé

l'importance de l'étude des principes immédiats. Il serait impossible d'exposer avec plus d'exactitude et de profondeur les résultats généraux et spéciaux qui doivent être la conséquence de ces recherches. Les faits qui suivent sont là pour montrer la vérité de ce que nous avançons, et, par la suite, ce sera encore le seul auteur dont nous aurons à reproduire des pages entières, dont beaucoup, écrites depuis trente ans, paraissent publiées d'hier, tant est nette leur utilité immédiate, tant a été grand l'oubli dans lequel on les a laissées. Cet oubli fera mieux sentir que tout autre argument la vérité du passage de Berzelius cité plus haut et de ce que nous avons dit sur les inconvénients résultés de la confusion de cette branche de l'anatomie avec la physiologie et la chimie, ainsi que de toutes les déductions à l'aide desquelles on a voulu pénétrer directement de la chimie dans la biologie.

52. — « En recourant aux moyens les moins énergiques de l'analyse, on réduit les plantes et les animaux en des *principes* qu'on appelle *immédiats*, parce qu'ayant été séparés tels qu'ils existaient avant les opérations chimiques, on est en droit de leur attribuer les propriétés de la plante à laquelle ils appartenaient, et de les considérer ainsi comme la constituant essentiellement et immédiatement. L'*analyse* appliquée aux végétaux et aux animaux de manière à donner de tels résultats est appelée *analyse organique immédiate* (1). »

53. — « Lorsque, dit M. Chevreul, des épizooties, des maladies épidémiques ou contagieuses se déclarent, les pertes que les premières occasionnent parmi les animaux dont nous faisons notre nourriture, ou que nous employons comme force motrice, la désolation que les autres portent dans les populations qu'elles frappent, le mystère encore si profond de la nature des influences qui se déclarent contre la vie des êtres menacés, sont autant de causes qui conduisent l'homme à chercher des lumières partout où il a le moindre espoir d'en

(1) CHEVREUL, *Analyse des traités d'économie rurale* de M. Boussingault, *et d'agriculture* de M. de Gasparin. (*Journal des savants*, octobre 1847, p. 577).

trouver. C'est alors qu'on est souvent étonné de voir que la chimie ne réponde pas à une foule de renseignements qu'on lui demande, tant on comptait sur elle, tant on avait foi en ses moyens de pénétrer la nature des corps (1). »

Le savant chimiste continue ainsi : « La connaissance des désordres apportés dans l'économie animale par l'invasion d'une maladie, pour être scientifique, exige que le médecin définisse les symptômes de la maladie ; que l'anatomiste, pathologiste et physiologiste, constate les lésions qu'elle peut avoir déterminées dans les organes des individus qui ont succombé ; enfin il faut qu'il examine les solides, les liquides et les produits des excrétions, afin de constater les modifications qui ont pu survenir durant la maladie.

» En conséquence, *il faut avoir des analyses immédiates de toutes ces matières prises à l'état normal*, afin qu'elles servent de TERME DE COMPARAISON *pour les matières correspondantes prises dans les individus malades qu'on doit soumettre à des analyses analogues*. Eh bien, ces analyses destinées à servir de terme de comparaison, qui supposent des procédés assez précis pour qu'on puisse non seulement établir le dénombrement, mais encore des principes immédiats constituant les solides, les liquides et les produits excrétés, mais encore les proportions exactes où ils s'y trouvent (2), *nous ne les possédons pas*. En effet, nous n'avons point encore réduit en formules précises des procédés propres à déterminer exactement la proportion des principes immédiats du sang, de l'urine, de la bile, du lait, etc., etc. De sorte qu'un praticien parfaitement au courant des manipulations chimiques manque de méthodes écrites pour faire l'analyse immédiate d'une des matières précitées ; *en outre, il y a encore beaucoup d'incer-*

(1) CHEVREUL, *Rapport sur des observations concernant le lait de vaches affectées de la maladie vulgairement appelée la* COCOTE, *présentées à l'Académie* par M. le docteur Donné. — *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences de Paris*, 1839, t. VIII, p. 380-391.

(2) « Car on conçoit qu'il y aurait trouble là où des principes essentiels à la vie seront dans des proportions différentes de celles qui sont nécessaires à l'état normal de l'être qu'ils constituent. » (Chevreul.)

titude sur les propriétés qui caractérisent comme espèces certains principes immédiats dont le rôle dans l'économie animale est des plus importants. Nous citons pour exemple le caséum, la fibrine, l'albumine.....

» Les conséquences d'un tel état de choses sont faciles à déduire, pour tous ceux qui ont quelques connaissances chimiques. *C'est faute d'analyses immédiates normales et de formules propres à les exécuter*, lorsqu'à un instant donné il faut comparer une matière organique morbide à la matière organique normale correspondante, qu'on manque de la donnée principale, du *terme de comparaison;* et la difficulté d'atteindre à ce résultat satisfaisant se trouve encore augmentée par la petite quantité de matières qui est à la disposition du chimiste, et par le peu de temps même où il peut se procurer cette petite quantité, puisque les matières morbides sont presque toujours passagères, et que dès lors il peut être dans l'impossibilité de vérifier une induction importante qui lui aurait été suggérée par des expériences faites sur les dernières portions qu'il avait à sa disposition (1). »

Parlant ensuite de la difficulté des analyses immédiates normales et de la direction qu'il faut leur donner, M. Chevreul montre qu'il est douteux qu'un chimiste, s'il avait à faire l'analyse immédiate normale du sang ou du lait, pût justifier l'existence dans ces liquides de tous les corps qu'il isolerait. Il montre qu'avant l'époque où il fit connaître que les substances grasses sont formées de principes définis, réunis en toutes proportions, on n'aurait pas pu caractériser les diverses substances grasses qui se trouvent dans le sang, le cerveau, la bile, etc. Ces substances s'y trouvent, en effet, en trop petite quantité, et accompagnées de trop d'autres principes, pour qu'il soit possible d'arriver à un résultat précis. Mais le but est atteint sans difficulté, actuellement qu'il est possible de retirer d'une manière immédiate ces principes définis cristallisables; ou bien de les réduire par la saponifica-

(1) Chevreul, *loc. cit.*, 1839, t. VIII, p. 392.

tion en acides et en un corps neutre non saponifiable, la glycérine : ceux-ci, lorsqu'on les a obtenus, peuvent servir à caractériser le principe immédiat cristallisable aussi nettement que si on l'avait retiré directement. Auparavant, dire qu'on avait trouvé une matière grasse dans un solide ou une humeur, n'exprimait que ceci : *c'est que, dans le sang, la bile, etc., dans l'alcool et l'éther qui avaient agi sur certaines matières animales, on trouvait une matière inflammable insoluble dans l'eau et soluble dans l'alcool et l'éther.*

54. — « Nous concluons de ces faits, dit M. Chevreul, que, *pour entreprendre avec espoir de succès une analyse immédiate normale, il faut être sûr d'avance qu'on pourra définir comme espèces*, si ce ne sont tous les principes immédiats d'une matière organique donnée, du moins les principaux, eu égard à l'importance de leurs propriétés et à la forte proportion où ils s'y trouvent. Que si cette certitude manque, et qu'on ne recule pas devant de pénibles travaux, il faudra chercher les principes immédiats qu'on juge être les plus analogues à ceux qu'on veut séparer dans les matières animales où ils sont le plus abondants, le plus isolés, ou dans l'état de plus facile séparation, afin d'étudier leurs propriétés, d'en choisir d'essentielles, faciles à reconnaître, qui servent de caractères propres à faire juger si les principes séparés d'une matière dont on veut établir l'analyse normale sont identiques ou simplement analogues aux premiers. »

De plus, nous ne devons point omettre de tenir compte des globules qui, simplement en suspension dans les liquides animaux, ne sont perceptibles qu'avec le secours de la loupe ou du microscope, tant est grande leur ténuité. Ainsi dans toutes les analyses des liquides, et même dans celles des matières solides qui paraissent homogènes à la simple vue, il est indispensable de recourir aux instruments d'optique pour savoir s'il existe des globules dans les premières, et plusieurs matières distinctes dans les secondes. S'il existe des globules, il faut les étudier *comme matière indépendante du liquide* où ils sont, et, si dans la matière solide on aperçoit

des parties distinctes, il faut les séparer mécaniquement si c'est possible, ou, dans le cas contraire, recourir aux réactifs les plus simples, l'eau, l'alcool, l'éther, etc....

Enfin, si à l'aide du microscope on fixe la forme, le volume, etc., de ces globules, leur structure organique, s'ils sont organisés, ils doivent ensuite à leur tour être étudiés sous le rapport de leur composition immédiate ; mais cette étude suppose qu'on les a préalablement isolés du liquide où ils sont disséminés (1).

Dans les conclusions de ce rapport, M. Chevreul montre que la commission n'a pu se livrer à des recherches *vraiment approfondies* sur le lait des vaches malades, faute de recherches du genre des précédentes, et propose à l'Académie d'instituer un prix pour les travaux qui auraient fait avancer d'une manière notable *les connaissances concernant particulièrement la distinction et la définition des espèces de principes immédiats qui constituent les parties solides et liquides des animaux* (2).

Plus tard, M. Chevreul revient encore sur l'importance de cette partie de la science et qu'il avait déjà mise en relief en 1824 (3), et termine ainsi :

« Nous pensons toujours, comme en 1824, qu'il n'y a pas de recherches physiologiques complètes sans la connaissance des principes immédiats, matières des phénomènes vitaux dont on veut définir les effets pour remonter ensuite à leurs causes prochaines. Faute de ces connaissances, les recherches physiologiques relatives à l'étude de ces phénomènes seront incomplètes, et tout auteur qui, après s'être livré à de pareilles recherches, dissimulerait les lacunes qu'elles présenteraient sous le rapport chimique, préviendrait les bons esprits contre ses conclusions (4). »

(1) Chevreul, *loc. cit.*, 1839, t. VIII, p. 393-394.
(2) Chevreul, *loc. cit.*, 1839, t. VIII, p. 404-405.
(3) Chevreul, *Considérat. génér. sur l'anal. inorganique*, in-8. Paris, 1824, *passim* et p. 202.
(4) Chevreul, *Journal des savants*, 1847, p. 586.

55. — Pour qui donc aura pesé, selon toute leur valeur, les remarques de M. Chevreul, pour qui aura suffisamment réfléchi aux arguments que nous avons développés dans ces prolégomènes, il restera démontré que tout ce qui est traité dans ce livre appartient à l'anatomie. Si l'on prend cette phrase d'une manière absolue, il faut se rappeler, bien entendu, comme nous l'avons dit, que les moyens employés nécessitent à chaque instant l'usage d'instruments et de connaissances chimiques, mais toujours appliqués dans un but organique. On restera convaincu que c'est pour ne s'être pas placé à ce point de vue, si bien mis en relief par M. Chevreul, que la détermination, par les chimistes, des espèces de principes immédiats est restée sans faire de rapides progrès depuis la publication des écrits de ce savant; mais, bien plus, on reconnaîtra qu'en partant d'un point de vue chimique, on a été engagé dans une fausse voie dont il faut sortir de toute nécessité. Il faut absolument en venir à faire ce que M. Chevreul disait que les chimistes ne pourraient certainement pas s'engager à faire; il faut en venir à pouvoir justifier dans le sang, etc., la présence de tous les principes qu'on en retire, tout comme on justifie la présence dans les muscles des fibres qu'on peut isoler sous le microscope.

Évidemment il serait impossible de reconstituer intellectuellement la substance d'un être organisé, avec les principes tels qu'ils sont extraits de l'organisme par les chimistes et décrits par eux; car la plupart sont des substances chimiques provenant de l'altération des véritables principes immédiats.

ARTICLE VI.

Du sens dans lequel seront employées les expressions ESPÈCE, PRINCIPE IMMÉDIAT, etc.

56. — M. Chevreul insiste avec raison sur l'importance qu'il faut donner à la détermination exacte du sens des mêmes termes employés dans plusieurs sciences à la fois : cette importance repose sur ce que le sens des mots est relatif et non

absolu. Il varie suivant la nature simple ou complexe des corps et des phénomènes ; il change, par conséquent, d'une science à l'autre. La notion exacte du sens des expressions est donc fort importante, lorsqu'il s'agit de branches d'une science qui en avoisine une autre ayant pour objet la connaissance d'un tout autre ordre de phénomènes. Nous devons donc, suivant les préceptes de cet éminent chimiste, insister sur le sens des mots *espèce*, *variété* et *principe immédiat*.

57. — « Dans les phénomènes chimiques, il y a complication de causes relativement à celles dont on fait dépendre les effets purement physiques ; car non seulement la pesanteur agit en même temps que l'affinité, mais encore toutes les forces physiques auxquelles on attribue les effets de la chaleur, de la lumière, de l'électricité et du magnétisme. Les effets chimiques sont donc les résultantes de toutes ces forces ; et comme la chimie définit une espèce de corps par l'ensemble de toutes ses propriétés, le point de vue spécial où elle étudie la matière lui impose la nécessité de prendre toujours cet ensemble en considération : car chaque espèce de corps est pour elle ce qu'est pour le naturaliste chaque espèce de plantes, chaque espèce d'animal, qui à ses yeux est représentée par un ou deux individus possédant aussi des caractères parfaitement définis et inséparables les uns des autres.

» Cette analogie de la botanique et de la zoologie avec la chimie explique comment celle-ci est en possession de donner un nom à tout corps qui n'en a pas encore, et de définir l'ensemble, les propriétés qui font le caractère à chaque corps simple ou composé.

» La notion de l'espèce, qui, étrangère à la physique, est essentielle à la chimie, sert donc de base à la distinction de l'une de ces sciences d'avec l'autre, en même temps qu'elle établit une relation incontestable entre la chimie et la science des corps vivants, qui traite de la définition et de la classification des corps vivants (1). »

(1) Chevreul, *Journal des savants*, 1847, p. 743.

« La preuve du peu d'importance que les chimistes attachent à leurs définitions générales se trouve dans le jugement que beaucoup d'entre eux ont porté sur le manque de précision de ces définitions, tout en les adoptant et y subordonnant leur enseignement que l'on écrit. Ce fait, quelque inconséquent qu'il puisse paraître, s'explique bien cependant par les considérations suivantes.

» Le but le plus spécial de la chimie étant de réduire, à l'aide de l'expérience, la matière en des types définis par leurs propriétés et par un nom spécifique, l'expérimentateur peut, à la rigueur, atteindre ce but sans qu'il lui soit nécessaire de définir explicitement l'*espèce*. De là, l'absence de cette définition dans la plupart des traités de chimie; en outre, les expériences auxquelles chaque espèce de corps est soumise la placent dans des conditions d'étude excessivement variées suivant les phénomènes qui en composent l'histoire.

» En effet, vous ne pouvez étudier les individus qu'avec les organes et les facultés dont ils sont naturellement doués; vous ne pouvez attribuer, par la pensée, l'organe d'un individu à un autre individu d'espèce différente sans que l'espèce que le premier représente soit anéantie, tant les organes sont bien coordonnés entre eux, tant les parties sont dépendantes du tout ensemble, et indivisibles les unes des autres dans l'essence de l'espèce représentée par les individus. Les espèces vivantes se montrent donc à un point de vue fort différent de celui où l'étude des espèces chimiques envisage celles-ci, lorsqu'elles entrent intégralement en combinaison, et, à plus forte raison, lorsque leurs éléments se dissocient. C'est cette différence entre l'étude des espèces de la matière brute, ou de la matière organisée privée de la vie, qui explique principalement pourquoi les chimistes, en général, n'ont pas senti le besoin d'une méthode de classification correspondante à la méthode naturelle des botanistes et des zoologistes, et, en outre, pourquoi le petit nombre des personnes qui ont cherché à appliquer cette méthode à la chimie sans se rendre

compte à elles-mêmes de la différence que nous venons de signaler, ont échoué dans leurs tentatives.

58. — » Nous pensons, en définitive, que si l'enseignement de la chimie donné à des élèves livrés à la pratique de la science dans des laboratoires, sous des maîtres habiles, ne souffre pas, pour cette pratique, de l'omission de la définition de l'*espèce*, ni du vague ou du défaut de précision de plusieurs définitions générales, dont nous avons cité deux exemples, il en est tout autrement de l'enseignement donné à des élèves qui, ne devant pas se livrer particulièrement à la pratique de la chimie, étudient cette science avec l'intention de l'appliquer à des connaissances qui font l'objet de leurs études spéciales. C'est à ces derniers surtout qu'il importe d'avoir des idées générales et précises des sciences qu'ils étudient d'une manière accessoire, puisque, se trouvant toujours hors d'état de vérifier eux-mêmes l'exactitude de ces idées par la pratique du laboratoire, et de rectifier ce qu'elles peuvent avoir d'inexact, ils seront exposés dès lors à l'erreur, s'ils emploient comme vraies des connaissances qui ne le sont pas. L'esprit critique, qui se montre exigeant principalement dans les définitions et la classification des matériaux d'un corps de doctrine, nous paraît surtout indispensable aux professeurs des sciences expérimentales qui, comme la chimie, sont en voie de progrès incessants (1). »

A. *De la notion d'*ESPÈCE.

59. — Lorsque nous voulons exprimer que des choses ont certains points de dissemblance, nous les disons d'*espèces* ou de *genres* différents. Lorsque nous voulons exprimer que des choses ont des points de ressemblance, nous les disons d'une même espèce ou d'un même genre, suivant que nous jugeons plus ou moins intimes les rapports qu'elles ont ensemble; et pour exprimer que des choses ne diffèrent que très peu les unes des autres, nous les disons des *variétés* d'une même espèce. Presque toutes les sciences se sont approprié ces expressions.

(1) CHEVREUL, *Journal des savants*, 1847, p. 744.

60. — Il s'en faut de beaucoup que les sciences aient toutes le même besoin de définir rigoureusement les mots *genres*, *espèces*, *variétés*.

Ainsi, en physique, cette application est bornée à un petit nombre de cas, et ces mots ne pouvant rien ajouter en précision à la connaissance des objets auxquels on les impose, il n'est pas nécessaire de revenir sur le sens qu'ils ont dans le langage usuel. En physique, par exemple, en parlant des mouvements, il est à peu près indifférent que vous donniez les noms de *genre* ou celui d'*espèce* au groupe des mouvements uniformes et à celui des mouvements variés. La raison en est simple : c'est que le nombre des mouvements uniformes ou variés étant infini, les mots d'*espèce*, de *variété*, de *genre*, n'ajoutent rien en précision à l'idée d'un tel mouvement, celui-ci étant caractérisé par la nature des lignes que parcourent les corps, et par le rapport des espaces parcourus au temps employé à les parcourir. Il en est tout autrement en botanique, en zoologie, où l'on étudie des individus doués d'un ensemble de propriétés inséparables de leur nature ; il faut que ces individus soient distingués et décrits avec assez de méthode pour qu'on puisse toujours remonter de la description jusqu'aux individus qui existent sur le globe : or on n'arrive à ce résultat qu'en faisant un emploi raisonné des mots *espèce*, *variété*, *genre*.

Enfin, il est des sciences différentes où les mêmes mots sont employés ; mais quoique se rapportant à des individus, ils indiquent des manières d'être et d'agir différentes de ces individus : telle est l'espèce dans le règne minéral, comparée à l'espèce animale (1).

61. — Ainsi la notion d'*espèce*, etc., étrangère à la physique, intervient en chimie, pour la première fois, d'une manière claire et précise ; elle caractérise la séparation qui existe entre ces deux sciences.

(1) CHEVREUL, *Consid. gén. sur l'anal. organique*, in-8. Paris, 1824, p. 9-11.

B. *Des mots* INDIVIDU, ESPÈCE, VARIÉTÉ *et* GENRE *en chimie.*

62. — En chimie, on donne le nom d'INDIVIDU *à tout corps simple ou composé, cristallisable, ou volatil sans décomposition ni résidu.*

Tous les corps composés qui se trouvent dans ce cas sont appelés *composés définis.* Parmi les corps composés ne sont appelés *individus chimiques*, et ne font partie des études chimiques, que les composés définis ; mais tous rentrent dans son domaine. Dans ce que nous appelons un *individu*, ce qui tombe sous nos sens n'est réellement qu'un *individu agrégé:* un rhomboèdre de carbonate de chaux, un cristal de créatine, par exemple, sont une agrégation d'individus identiques, dont l'individu proprement dit, ou indivisible sans destruction, est l'atome composé. L'expression *molécule intégrante*, étant appliquée par Haüy à un solide qui tombe sous nos sens, elle ne peut être confondue avec l'expression *atome composé.*

63. — On donne, en chimie, le nom d'ESPÈCE à une *collection d'individus identiques par leur composition élémentaire et immédiate.*

L'identité des propriétés fondamentale (notion dynamique) étant une conséquence nécessaire et constante de l'identité de constitution physique et chimique (notion statique), on ne doit pas les faire entrer ici en ligne de compte dans la définition. Cela paraît nécessaire au premier abord, pour la distinction des espèces de corps isomères et différents pourtant par leurs propriétés ; mais nous verrons plus loin qu'il n'en est rien, et que ces corps diffèrent soit par leur composition immédiate, soit par quelque particularité de composition encore indéterminée : au fond, *il n'y a de substances isomères que sous le point de vue de l'analyse élémentaire.*

64. — Cette définition embrasse aussi bien une collection d'individus de corps simples que de corps composés.

Elle comprend et doit comprendre, contrairement à ce que pensent beaucoup d'auteurs, aussi bien les corps naturels, ou minéralogiques, que les corps artificiels. En un mot, il n'y a

pas de différence entre l'espèce chimique et l'espèce minéralogique ; pas plus qu'il n'y a de distinction entre la chimie et la minéralogie : cette dernière n'est, en effet, autre chose que l'étude des composés chimiques naturels qui se sont formés dans le globe d'après les conditions où se sont trouvés leurs éléments, étude qu'on fait à part, au lieu de la réunir, ainsi qu'on devrait le faire, à celle des corps artificiels obtenus par les chimistes (Berzelius).

Cette définition comprend et doit comprendre à plus forte raison les composés définis d'origine organique aussi bien que ceux d'origine minérale. En effet, il n'y a pas plus de *chimie organique* qu'il n'y a de *minéralogie* ou *cristallographie organique* spéciale pour l'acide urique, l'oxalate de chaux, et autres composés cristallins d'origine organique ; lesquels, dans le cas de l'admission d'une minéralogie comme science distincte, mériteraient autant que le spath et le quartz de servir de base à une étude des composés naturels cristallins d'origine organique. Il ne faut donc pas faire non plus de définition spéciale pour l'*espèce* en chimie organique.

65. — « Quels que soient les progrès futurs de la chimie, les composés que nous formons de toutes pièces et dans des proportions définies seront toujours considérés comme des espèces. Il en sera de même des corps que nous n'avons pu décomposer et que nous appelons *simples :* ils seront toujours considérés comme des espèces, lors même qu'on parviendrait à les décomposer. Par exemple, que l'on arrive à réduire le soufre en plusieurs éléments, il ne cessera point de constituer l'espèce *soufre;* seulement nous le placerons dans la classe des espèces composées, et les sulfures, que nous considérons comme des composés binaires, deviendront des composés ternaires. Il en sera du soufre comme il en a été de la potasse : cet alcali, qui, par la découverte de H. Davy, passait pour un élément, n'a pas cessé de constituer une espèce après qu'il a été réduit en potassium et en oxygène. Le caractère de spécialité d'un corps (en chimie) n'est donc pas

changé par l'effet de son passage de la classe des corps simples dans celle des corps composés (1). »

66. — En chimie, on donne le nom de VARIÉTÉ aux *individus d'une même espèce qui diffèrent par la forme des cristaux, par les propriétés optiques, électriques ou autres propriétés secondaires des échantillons choisis comme types de l'espèce.*

Lors même que ces modifications de forme vont jusqu'à un changement de type cristallin, comme pour le soufre, le biphosphate de soude, le carbonate de chaux, etc., ce ne sont encore que de simples variétés, et non des espèces différentes. « Le soufre et le biphosphate de soude se comportant respectivement de la même manière dans l'action chimique, malgré la différence des deux modes de cristallisation, les chimistes ne feront jamais *deux espèces de soufre*, deux espèces de biphosphate de soude, d'après la considération que chacun de ces corps peut affecter deux formes primitives, différentes, suivant les circonstances où il a cristallisé (2). »

L'aragonite ne doit pas davantage former une espèce différente du carbonate de chaux rhomboédrique, c'en est seulement une variété de forme.

Cette définition des variétés s'applique à la *minéralogie* et à ce qu'on appelle *chimie organique* comme à la *chimie minérale*. A l'époque où l'on ne pouvait pas encore reconnaître que ces diverses subdivisions ne font qu'une seule science, Haüy et M. Chevreul ont été forcés de donner trois définitions de l'*espèce* inorganique, et autant de la *variété*. L'évolution naturelle et continue des sciences en général conduit à ne plus en donner qu'une seule, et ainsi à simplifier à la fois la science et le langage.

67. — En chimie, le mot GENRE est appliqué à *toute collection d'espèces qui possèdent une ou plusieurs propriétés communes, très importantes ou très remarquables.*

(1) CHEVREUL, *Consid. gén. sur l'anal. organique*, in-8. Paris, 1824, p. 149.

(2) CHEVREUL, *loc. cit.*, 1824, p. 19.

68. — Il est aisé de faire sentir maintenant l'utilité des distinctions établies ci-dessus.

Il existe beaucoup de matières sucrées cristallisables dans les végétaux : ce sont autant d'*individus* agrégés.

Si l'on examine les sucres cristallisables de la canne, de la betterave, de la châtaigne, on trouvera qu'ils ont les mêmes propriétés ; on en fera donc une *seule espèce.*

Les cristaux de cette espèce qui ont pris des formes cristallines secondaires sont autant de *variétés.*

Si l'on compare à l'espèce précédente le sucre cristallisable du raisin, on trouvera que ce dernier ne peut être confondu avec elle, et qu'ils diffèrent entre eux ; on sera conduit à former ainsi une seconde espèce de sucre. D'un autre côté, ces deux espèces ayant une saveur douce, et la propriété de se convertir en alcool par le contact de la levûre délayée dans l'eau, on en formera un *genre.*

« La mannite est cristallisable ; sa saveur est douce, mais elle ne fermente pas ; on en fera une espèce, parce qu'elle est cristallisable, mais cette espèce ne pourra pas être réunie avec les espèces du genre sucre (1). »

Il serait facile de trouver nombre d'exemples analogues parmi les composés chimiques naturels ou artificiels d'origine minérale.

C. *De l'*INDIVIDU, *de l'*ESPÈCE, *de la* VARIÉTÉ *et du* GENRE *dans les corps organisés.*

69. — Nous avons dit déjà que l'état dynamique suppose l'état statique.

Les lois cosmologiques ou du règne minéral dominent celles du règne organique ou biologique. La vie et l'organisation (deux choses toujours corrélatives) supposent le monde ; mais on peut supposer des mondes sans être vivant. Il en résulte que si les composés chimiques peuvent être conçus isolément, d'une manière absolue, purement objective, sans tenir compte d'autre chose que d'eux-mêmes, il

(1) CHEVREUL, *loc. cit.*, 1824, p. 25-26.

n'en est plus ainsi des corps organisés. Car si l'organisation suppose le monde, il faut, dans une définition, tenir compte des deux choses : de l'objet et du milieu où il est, de l'être et de l'étendue qu'il occupe dans l'espace et le temps. En considérant la vie et l'organisation isolément, on est conduit à donner des définitions nécessairement incomplètes, puisqu'elles ne tiennent compte que d'une chose là où il y en a deux. De là des discussions interminables ; de là cette difficulté apparente de définir tout ce qui se rapporte aux êtres organisés : difficulté qui tient à ce que l'on omet l'une des choses nécessaires pour que la définition en soit réellement une. Si dans le raisonnement et la lecture des choses les plus ordinaires en science, on n'est pas pénétré de ces faits de doctrine, très simples en eux-mêmes, il est difficile de ne pas arriver bientôt à confondre et à mêler les choses les plus disparates. Maintenant il faut se rappeler qu'on peut considérer les choses de deux manières : 1° ou bien du simple au composé d'après la méthode objective ; 2° ou bien du général au particulier, du connu à l'inconnu, ce qui est la méthode subjective. Cette dernière convient à l'étude de la biologie, des corps organisés ou complexes, spéciaux ; l'autre convient à l'étude de la cosmologie, aux sciences inorganiques.

Partons, par conséquent, d'en haut, c'est-à-dire du point de vue le plus complexe, mais se rapportant conséquemment au plus petit nombre de choses.

70. — On donne le nom d'ORGANISATION à l'union par dissolution réciproque et complexe, etc., de principes immédiats nombreux les uns à l'aide des autres, que présente toute substance solide, demi-solide ou liquide, qui vit ou a vécu.

Toute chose qui remplit ces conditions est dite : *corps*, *substance* ou *matière organisée*. On donne le nom d'ORGANISME au tout formé par la réunion intime d'un ensemble de parties organisées, solides et liquides, d'ordres divers quant à la complication, et qui vit ou a vécu isolément. Par suite de ce dernier fait, on a quelquefois étendu le sens de cette expression pour désigner quelqu'une de ces parties isolément,

les éléments anatomiques surtout, qui sont de toutes les mieux délimitées : tels sont les cellules d'épithélium, surtout vibratile, les spermatozoïdes, etc.

On donne le nom de VIE au double mouvement de combinaison et de décombinaison que présente d'une manière continue et sans se détruire toute substance organisée placée dans des conditions ou milieux convenables.

La notion de vie doit intervenir au présent ou au passé dans la définition de l'organisation, parce que nous ne pouvons pas faire artificiellement et de toutes pièces, à l'aide des matériaux chimiques ou inorganiques, *de la matière organisée* SUSCEPTIBLE DE VIVRE. Nous en pouvons faire de susceptible d'agir moléculairement ou mécaniquement (machines), mais les deux actes continus et simultanés, signalés plus haut, n'existent pas.

Il pourra se faire qu'un organisme qui a vécu puisse vivre de nouveau, comme c'est le cas pour les Rotifères qui ont été desséchés au-dessous de 70 degrés, ou beaucoup de plantes et de graines placées dans les mêmes conditions ; mais la matière qui n'a pas vécu, quelque complexe que nous la rendions, ne pourra pas vivre si elle ne traverse et ne s'unit moléculairement à un corps déjà vivant : ce qu'on exprime par le mot *assimilation.*

71. — En anatomie, on donne le nom d'INDIVIDU à *tout corps organisé ou organisme qui vit ou a vécu d'une existence propre, et à toutes les parties qui le constituent immédiatement.*

Ainsi, par exemple, l'*organisme* est un *individu*, et tous les ordres de parties en lesquels il se subdivise sont autant d'ordres d'individus.

Il y a des *individus parties extérieures* (bras, jambes, etc.) ; il y a des *individus appareils* (sexuels, etc.) ; *organes* (muscles, os, etc.) ; *systèmes* (musculaire, nerveux, etc.) ; *tissus et humeurs* (cellulaire, biliaire, etc.) ; *éléments anatomiques* (fibre musculaire, cellule épithéliale, etc.), et *principes immédiats* (albumine, fibrine, urée, créatine, phosphate de chaux, etc.).

Les parties qui constituent immédiatement l'organisme

peuvent ne pas être organisées : tels sont les principes immédiats; tel est le carbonate de chaux cristallisé formant l'otoconie. Mais ils ont vécu; ils font ou ont fait partie de la substance organisée; et ce qui caractérise essentiellement l'organisation, c'est leur mode d'union par dissolution réciproque et complexe.

En considérant l'organisme total, on trouve qu'il y a des *individus simples;* il y en a d'*agrégés* (1), c'est-à-dire, dont le corps entier est lui-même composé d'individus réunis (2). Dans la plupart des Végétaux, comme dans un grand nombre de Polypes, l'individu est agrégé, composé d'autres individus réunis, mais distincts, différant des parties d'ordres divers ci-dessus, qui constituent l'organisme, en ce qu'ils peuvent être séparés du corps commun sans en amener la destruction, et peuvent vivre indépendamment de lui (3). Les individus agrégés sont : 1° *adagrégés*, c'est-à-dire soudés seulement par quelque point de leur corps (Salpa); 2° *agrégés* sous une seule et même enveloppe (Coraux, Veretillum, etc.); 3° *agglomérés* sur une partie commune vivante (Sertulaires, etc.); 4° *adistincts* ou *confondus* en une masse charnue (Éponges) (4).

72. — En anatomie, le mot ESPÈCE désigne *une collection d'individus des parties constituant l'économie, semblables par leur conformation et leur constitution immédiate, laquelle entraîne toujours une similitude dans les caractères extérieurs.*

Ainsi, par exemple, on fera une seule espèce de tous les organismes formés par des parties extérieures semblables, par des appareils digestifs et autres généralement identiques, formés eux-mêmes d'organes analogues, et constituant les mêmes systèmes subdivisibles en tissus et humeurs identiques, qui enfin sont réductibles en éléments anatomiques ne différant pas les uns des autres.

(1) LAURENT, *Rech. sur l'Hydre et l'Éponge d'eau douce.* Paris, in-8, sans date, avec atlas de 6 planches in-fol.; considérations préliminaires, p. XV.
(2) LAMARCK, *Histoire naturelle des animaux sans vertèbres.* Paris, 1835, t. I, p. 52.
(3) LAMARCK, *loc. cit.*, t. I, p. 52.
(4) LAURENT, *loc. cit.*, p. XXII.

Comme on le voit, la complication plus grande des individus biologiques, comparés aux individus chimiques, entraîne ici une difficulté et une longueur bien plus grandes dans la détermination des espèces qu'en chimie.

Voilà autant d'ordres de parties dont, à la rigueur, l'analyse anatomique devrait acquérir successivement la notion avant de se prononcer sur l'identité des individus, si l'expérience n'avait conduit à reconnaître que la similitude dans les caractères extérieurs coïncide toujours avec l'identité fondamentale de constitution élémentaire qui est caractéristique.

Mais encore est-il que les caractères de ces différentes parties tant extérieures qu'intérieures, tout en conservant leur presque identité dans les individus différents, sont pourtant susceptibles de varier entre certaines limites d'oscillation, et cela d'autant plus qu'il s'agit de parties plus complexes. Il en résulte que, dans les cas de variations extrêmes, on est réellement obligé quelquefois de parcourir les divers degrés de l'analyse anatomique qui nous font connaître ces six ordres de parties. Il n'est pas toujours nécessaire de la pousser jusqu'à la notion d'élément anatomique et de principe immédiat, parce que souvent l'esprit se trouve fixé plutôt, mais néanmoins il est des exemples de cette nécessité.

De plus, il est une disposition de la constitution qui vient encore diminuer la précision de ces caractères et celle de la définition comparée à celle de l'espèce chimique, en même temps qu'elle augmente la difficulté de la détermination, sans rien ôter pourtant à ce qu'elle a de positif, sans rien ôter à sa certitude.

C'est la différence qui existe dans les deux appareils générateurs, laquelle introduit pour chaque espèce animale et végétale la notion de *sexe*, mâle et femelle. Différence qui en entraîne de correspondantes pour quelques uns des caractères externes.

73. — La définition précédente de l'espèce s'applique d'une manière générale, également pour la réunion en espèces des individus de chacun des ordres de parties constituantes de

l'économie ; il suffit de la modifier légèrement pour l'appliquer spécialement à l'ordre de parties dont il s'agit. C'est ce que nous ferons au fur et à mesure que nous aborderons l'étude d'un ordre nouveau de parties.

Par exemple, toutes les parties extérieures formées des mêmes portions d'appareils, etc., descendent ainsi jusqu'aux principes immédiats; tous les appareils formés par des organes semblables, etc., etc. ; tous les organes de mêmes caractères extérieurs et constitués par des systèmes identiques eux-mêmes formés de tissus et tumeurs, ne différant pas, etc., etc. ; tous les tissus et humeurs constitués par les mêmes éléments et principes immédiats, etc.; tous les éléments de mêmes caractères extérieurs et constitués par les mêmes principes immédiats, seront réunis pour former autant d'espèces de parties distinctes constituant l'économie. Quoique les éléments anatomiques soient les dernières parties constituantes auxquelles on puisse par l'analyse anatomique et sans décomposition chimique ramener les tissus; quoique les principes immédiats soient les parties correspondantes par rapport aux humeurs, nous avons vu que, secondairement, les éléments peuvent être décomposés en principes immédiats, ce qui est tout naturel, puisque c'est dans les humeurs qu'ils puisent leurs matériaux constituants et rejettent ceux qui ont servi.

74. — Pour le cas spécial des principes immédiats, le mot INDIVIDU désigne *les derniers corps constituant ou ayant constitué l'organisme (auxquels on puisse par l'analyse anatomique ramener la substance organisée) et qu'on ne peut subdiviser en plusieurs sortes de matières sans en altérer la nature chimique.*

Le mot ESPÈCE désignera *toute collection d'individus identiques par la nature et l'arrangement de leurs éléments chimiques ou par leurs caractères extérieurs et leurs propriétés;* car l'identité des propriétés et des caractères fondamentaux est reconnue être une conséquence nécessaire et constante de l'identité de nature, c'est-à-dire de constitution élémentaire et immédiate.

Il se trouve que parmi les espèces de principes immédiats, il y a des composés chimiques cristallisables ou volatils sans décomposition ni résidu, et identiques par leur composition élémentaire et immédiate avec ceux tirés du règne minéral : telles sont les espèces, eau, chlorure de sodium, de potassium, etc. Mais pourtant la définition de l'espèce des principes immédiats diffère autant de celle de l'espèce chimique que celle-ci diffère de la définition de l'espèce anatomique; elle en diffère autant que celle de l'individu chimique diffère de la définition de l'espèce anatomique.

Il faut en effet, dans ces définitions, se placer toujours au point de vue de la réalité, et tenir compte de ce fait, que nous ne pouvons pas faire artificiellement de substance organisée; par conséquent, lors même que nous parvenons à fabriquer des composés chimiques identiques avec un certain nombre de ceux que nous pouvons retirer de l'économie animale ou végétale, tels que le sulfate de soude, l'urée, etc., leur histoire ne peut pas être confondue avec celle de corps faisant partie de la matière qui vit ou a vécu. Dès lors, leur définition tient compte de ce fait démontré précédemment, que certains corps, pris en eux-mêmes, présentent deux faces dans leur histoire, l'une anatomique, l'autre chimique. L'espèce est principe immédiat d'abord, par suite de ce fait qu'elle a été constituante de l'économie, et qu'elle cesse d'être telle, ainsi que l'a très bien vu M. Chevreul, du moment où on la subdivise davantage. C'est par décomposition chimique qu'on parvient à la subdiviser davantage, et non par séparation et isolement successifs; ce qu'on obtient alors, ce sont des composés chimiques, mais non des principes tels qu'ils étaient immédiatement dans l'économie et auxquels on puisse rapporter les phénomènes que manifestait la substance vivante.

Ainsi donc : toute collection d'individus retirés de l'économie, et ne pouvant être subdivisés sans décomposition chimique en plusieurs sortes de parties, sera rangée dans les espèces anatomiques d'abord, lors même que ces individus

sont cristallisables, etc.; sauf ensuite, selon le besoin, à voir s'ils ne sont pas *identiques par leur composition élémentaire* et IMMÉDIATE avec des composés obtenus en chimie, ce que l'expérience a montré suffisant dans cette science pour que des corps soient considérés comme de même espèce. La notion de composition immédiate est nécessaire dans la définition de l'espèce en chimie, parce qu'il est des corps dont l'analyse, faite en masse, donne par la combustion, pour résultat, les mêmes proportions des mêmes éléments, et pourtant ces corps diffèrent par leurs propriétés : ils sont alors appelés *isomères*. Mais en leur appliquant la méthode suivie en anatomie, on voit que la composition immédiate n'est pas la même, c'est-à-dire que souvent ce sont des corps formés par la combinaison d'autres composés définis, mais en proportions différentes.

75. — *En résumé :*

1° La notion de *parties constituantes de l'organisme*, qui intervient naturellement dans la définition de l'individu des principes immédiats, distingue cette définition de celle de l'individu chimique ; l'origine de celui-ci est indifférente, et par suite la définition en est bien plus générale.

2° La notion de *l'impossibilité où l'on est de subdiviser davantage les principes sans en altérer la nature* est commune à la définition de tous les individus en particulier, soit des autres parties des corps, soit de l'individu chimique : ce qui est évident par soi-même, parce qu'une chose ne peut pas être subdivisée en d'autres choses plus simples, sans que sa nature à elle en soit changée. Mais cette notion doit intervenir spécialement ici pour deux raisons :

a. Parce que les individus anatomiques d'ordres de choses plus complexes que les principes immédiats, peuvent être subdivisés en d'autres individus anatomiques, qui seulement sont d'un ordre plus simple; les individus des espèces de tissus seront subdivisés généralement en espèces multiples d'éléments anatomiques; les individus des espèces d'humeurs toujours en plusieurs espèces de principes immédiats : mais les principes immédiats sont les seuls individus anatomiques qui ne puissent

être subdivisés en d'autres individus anatomiques. On peut les simplifier, mais c'est par décomposition chimique, et l'on ne peut qu'en obtenir des individus chimiques : ici on passe de l'anatomie à la chimie, car on fait intervenir des actions moléculaires d'un ordre plus simple et des combinaisons et décompositions fixes, déterminées et stables.

b. Parce que les individus chimiques qui sont également de différents ordres peuvent être également subdivisés en d'autres individus chimiques bien déterminés, mais toujours d'ordre plus simple, jusqu'à ce qu'enfin *on arrive aux corps simples, qui ne sont plus subdivisibles par aucun moyen*. Quoique en suivant la marche inverse qui consiste à former des individus chimiques de plus en plus compliqués, on arrive à en former d'identiques avec les individus des espèces de principes immédiats cristallisables, on n'arrive jamais à en former même de semblables aux principes non cristallisables, comme l'albumine, etc., ou les corps gras, qui sembleraient être plus faciles à faire. Il n'est pas étonnant donc qu'on ne puisse pas faire de substance organisée, qui, elle, est formée par l'union d'individus des trois classes de principes immédiats.

Les principes retirés immédiatement de l'organisme sont donc les seules parties du corps qui soient dans ce cas : de ne pouvoir être subdivisées en individus plus simples sans passer d'une science à une autre, d'une nature de faits à une autre toute différente par la simplicité, la fixité, etc.

3° La notion d'*identité de nature et d'arrangement des éléments chimiques* intervient dans la définition de l'espèce des principes, parce que les espèces de tissus sont également formées par des parties élémentaires de nature identique et de même arrangement; mais il s'agit là d'éléments organiques ou anatomiques, et non d'éléments chimiques.

76. La notion de la proportion des éléments chimiques ne doit pas intervenir dans cette définition de l'espèce, parce que dans les principes immédiats non cristallisables, il arrive fréquemment que des individus appartenant à la même espèce, comme dans les espèces albumine, fibrine, etc., n'aient

pas exactement les mêmes proportions d'éléments ; pourtant ils remplissent d'autre part toutes les autres conditions que comprend la définition et que possèdent les autres principes ; de plus, tous les individus ont, malgré ces légères différences indiquées par l'analyse chimique, les mêmes propriétés.

77. — En anatomie, comme en chimie, le mot VARIÉTÉ sert à désigner *tous les individus d'une même espèce qui diffèrent par la conformation extérieure, le volume, les propriétés optiques ou autres propriétés secondaires, des échantillons choisis comme types de l'espèce.*

Cette définition s'applique à toutes les variétés de l'espèce dans les divers ordres de parties qui constituent l'organisme sans distinction, depuis l'organisme lui-même jusqu'aux principes immédiats.

78. — En anatomie, comme en chimie, le mot GENRE est employé pour désigner *toute collection d'espèces qui possèdent un ou plusieurs caractères communs très importants ou très remarquables.* L'observation faite tout à l'heure trouve également ici son application.

D. *De l'*INDIVIDU, *de l'*ESPÈCE, *de la* VARIÉTÉ, *et du* GENRE *en biotaxie.*

79. — La biotaxie s'appuie incessamment sur l'anatomie et lui emprunte les notions qui en sont la base, et concourt réciproquement à la perfectionner et à la résumer (Voyez pages 5 et 8).

En biotaxie, le mot INDIVIDU désigne *tout corps organisé ou organisme qui vit ou a vécu d'une existence propre.*

L'individu peut, ainsi que le montre l'anatomie, être *mâle, femelle, hermaphrodite suffisant* ou *insuffisant, neutre,* etc.

Cette définition ne comprend ici qu'un seul ordre de choses ; l'acception du mot est ainsi plus restreinte qu'en anatomie. Les parties d'un individu ne sauraient rentrer dans le domaine de la biotaxie; elles ne servent qu'à faire connaître l'être entier à l'aide des notions acquises en anatomie.

Mais la définition de l'espèce et de la variété prend au contraire, en biotaxie, une plus grande importance, une plus

grande extension, en raison du but ou objet de cette science, qui finalement relie entre elles, coordonne et résume les principales lois de l'anatomie. Nous n'avons pas à insister beaucoup sur ce sujet, qui est accessoire pour nous, mais qui pourtant doit nécessairement être connu, ne fût-ce que pour saisir la différence existant entre ces définitions et celles spéciales à l'anatomie.

80. — Nous avons déjà dit que la vie, essentiellement caractérisée par la nutrition, suppose le monde ; que l'organisme suppose un milieu.

En disant que l'individu biotaxique est tout *corps organisé* qui *vit ou a vécu* d'une existence propre, cela montre que dans la réunion des individus en groupes naturels, ce qui est l'objet de la biotaxie, nous aurons à tenir compte de deux choses. Ce sont, d'après M. Chevreul (1) :

« 1° *L'ensemble des rapports mutuels des organes divers constituant un individu, faits fournis par l'anatomie, et la comparaison de ces rapports dans les individus, afin d'établir la similitude de ceux-ci pour les réunir en groupes naturels.*

» 2° *L'ensemble des rapports de ces individus avec le monde extérieur où ils vivent, afin d'apprécier l'influence qu'ils en reçoivent.*

» Le monde extérieur comprend la lumière, la chaleur, l'électricité, l'atmosphère, les eaux, le sol et les aliments, avec toutes les modifications que chacun de ces agents ou chacune de ces matières est susceptible de présenter dans sa manière d'agir ou d'être. Les aliments sont pour les animaux et beaucoup de végétaux d'autres organismes. »

Ceci établi, passons à la définition de l'espèce.

81. — Le mot ESPÈCE désigne, en biotaxie, *une collection d'individus descendant d'êtres vivants ou ayant vécu, qui se ressemblent plus qu'ils ne ressemblent à tous autres analogues, et susceptibles de se reproduire d'une manière continue*, entre

(1) CHEVREUL, *Consid. gén. sur les variat. des individus qui composent les groupes appelés en hist. nat., variétés, races, sous-espèces et espèces* (*Ann. des sciences nat.*, 1846, t. VI, p. 145).

eux ou isolément, suivant que les sexes sont réunis, séparés ou n'existent pas.

Ici un seul individu ne suffit plus pour représenter l'espèce, comme cela est en chimie et en anatomie ; la notion d'espèce se trouve ainsi bien plus distincte de celle d'individu que dans ces deux sciences.

Dans cette définition intervient :

1° La notion d'*individus descendants d'êtres vivants ou ayant vécu*, qui établit la liaison entre le présent et le passé; elle néglige celle de la descendance *originelle* d'un seul père et d'une seule mère, ou d'un seul être hermaphrodite, question à jamais insoluble d'aucune manière et par suite inutile, oiseuse, et même nuisible par l'embarras qu'elle cause sans qu'on puisse en sortir.

2° La notion de *ressemblance entre eux, plus grande qu'avec tous autres analogues*, intervient pour indiquer que l'espèce est caractérisée par la similitude trouvée entre les parties du même nom, en établissant les rapports mutuels entre les divers individus. Cette notion embrasse, comme l'a déjà dit M. Chevreul, non seulement les caractères superficiels, tels que ceux de volume, forme et couleur (1), mais encore tous les caractères tirés de la relation qui existe entre les parties extérieures et les parties profondes, poursuivies, quand il en est besoin, depuis les appareils et organes jusqu'aux éléments anatomiques. C'est ce qui ressort de ce que nous avons dit précédemment de l'appui prêté à la biotaxie par l'anatomie (p. 5 et 8) et en parlant de l'espèce en anatomie. En ne considérant que les caractères tirés des organes tout à fait extérieurs, et surtout en les considérant isolément, sans considérer leur liaison entre eux, on pourrait trouver plus de ressemblance sous ces seuls rapports entre deux individus d'espèces différentes qu'entre les individus de deux races d'une même espèce. Par exemple le *Mâtin*, variété de chien, a plus de ressemblance avec le loup. Cette notion de la res-

(1) CHEVREUL, *loc. cit.* (*Ann. des sciences nat.*, 1846, t. VI, p. 146, en note).

semblance, entendue comme elle doit l'être, fait disparaître l'idée de créations d'espèces nouvelles, d'après les différences des parties superficielles et même profondes, mais ne changeant pas leurs liaisons et rapports mutuels, différences apportées par des influences prolongées du milieu sur des êtres d'organisation la plus complexe, la plus élevée; elle fait remplacer cette idée par celle de variétés et de races, suivant que la modification apportée est ou n'est pas transmissible par génération. Il ne faut donc pas dire, avec quelques commentateurs, que Buffon a eu tort de faire intervenir la notion de ressemblance dans sa définition de l'espèce. En parlant de ressemblance, il entendait certainement ressemblance extérieure liée à la ressemblance intérieure et la reproduisant au dehors, devant être poursuivie au dedans, selon le besoin, dans les cas douteux; mais non de ressemblance absolue, prise sous un seul point de vue.

3° La notion de *possibilité de se reproduire entre eux ou isolément, d'une manière continue, suivant que les sexes sont réunis, séparés, ou qu'il n'y a pas d'organes de génération*, élimine de la notion d'espèce les monstres, qui tous représentent autant d'individus pouvant être réunis en genres, ordres, etc., dans la biotaxie pathologique, mais chez lesquels la notion d'espèce ne peut être distinguée de celle d'*individu* (1). Mais surtout elle établit la succession, la liaison de l'espèce dans l'avenir, comme celle de descendance avec le passé, pendant que celle de ressemblance l'établit dans l'espace pour le présent. Rien, par conséquent, de plus complet que la définition de l'espèce par Buffon : *succession d'individus semblables pouvant se reproduire.* Et la précédente définition n'est au fond que la reproduction de celle-ci.

Combinée à la notion de ressemblance, celle de *reproduction continue* rattache à l'espèce la plus semblable les hybrides ou mulets; elle fait ainsi disparaître de ce côté l'idée de création d'espèces nouvelles, limitée du reste aux cas de sépa-

(1) I. Geoffroy-Saint-Hilaire, *Histoire des anomalies de l'organisation*, ou *Traité de tératologie*. Paris, 1832, t. I, p. 125.

ration des sexes. Les trois notions combinées, mais celle de ressemblance surtout, font également intervenir l'idée de *race*, là où l'on serait porté à voir la création d'espèces nouvelles par suite de reproduction continue dans certaines conditions déterminées de nourriture, température, etc., d'une modification produite. Enfin, par la dernière notion dont nous parlons, cette définition de l'espèce embrasse les espèces d'êtres les plus simples, qui, aussi simples que des éléments anatomiques, se reproduisent comme eux sans posséder d'organes spéciaux pour la génération : tels sont beaucoup d'Infusoires se reproduisant par segmentation, gemmation, etc., et différents êtres comme les Éponges, les Hydres, etc., qui se reproduisent alternativement, soit par des œufs, soit par gemmation, etc.

82.—En biotaxie, on donne le nom de VARIÉTÉ à *tous les individus de même espèce qui diffèrent par la forme extérieure, le volume, la couleur ou autres propriétés secondaires, sans que ces différences se perpétuent par la génération, sauf dans un très petit nombre de circonstances déterminées et généralement identiques.*

83. —Le nom de RACE est donné à *toute collection* des *individus de même espèce qui présentent un ensemble de différences de même ordre que dans la variété, mais prononcées, et qui, une fois produites, se reproduisent dans un certain nombre de circonstances qui ne sont pas complétement identiques.*

84.—Enfin, on donne quelquefois le nom de SOUS-ESPÈCES aux *collections d'individus qui diffèrent sous les mêmes rapports que les variétés et races, mais d'une manière caractéristique et très prononcée, de telle sorte que les différences se perpétuent dans toutes les circonstances où les individus choisis comme types de l'espèce peuvent vivre.*

85. — Il est inutile de répéter ici la définition du genre, qui est la même dans cette science que dans les précédentes.

E. *Du sens que l'on doit attacher à l'expression* PRINCIPE IMMÉDIAT.

86.—D'abord, et d'une manière générale, toute expression

peut être prise dans deux sens différents : 1° elle peut être envisagée au point de vue objectif, c'est-à-dire du simple au composé; 2° elle peut être prise en sens inverse, c'est-à-dire au point de vue subjectif.

Et suivant qu'on l'emploie dans l'un ou dans l'autre sens, son acception est toute différente; c'est là une des principales causes de dissidence sur le sens que l'on doit attribuer aux écrits qu'il faut interpréter.

Dans les sciences inorganiques on emploie ces expressions principalement dans le premier sens; c'est au contraire au point de vue subjectif qu'on les envisage dans les sciences organiques.

En se plaçant au point de vue objectif, en passant directement de la chimie à l'anatomie, il est impossible de s'empêcher de confondre ces deux sciences. On cesse dès lors de séparer les deux côtés, l'un anatomique, l'autre chimique, que présente l'étude de certains corps pris en eux-mêmes, de certains principes immédiats. Pourtant rien d'aussi différent, d'aussi nettement tranché, d'aussi naturel que l'histoire des *espèces* anatomiques de principes immédiats, chlorure de sodium, phosphate de magnésie, créatine, urée, etc., comparée à l'histoire des espèces chimiques portant le même nom; histoire chimique pouvant être faite à l'aide des mêmes *individus* après qu'on les a extraits de l'économie.

Si l'on n'a pas ce point de doctrine présent à l'esprit, on fait rentrer dans la chimie l'étude d'une portion des parties constituantes de l'organisme, ce dont nous avons montré les inconvénients. On est, d'autre part, forcé de continuer à maintenir de la manière la plus artificielle la division de la chimie en deux branches, devenue nuisible à la science déjà depuis un certain nombre d'années, et à méconnaître la valeur des arguments que M. Chevreul a formulés ainsi :

« L'examen du motif d'après lequel on a distingué une *chimie minérale* et une *chimie organique* montre que, là encore, on s'est laissé guider par des considérations tout à fait étrangères à la science même. En effet, la *chimie minérale*

comprend, dit-on, des corps simples et des corps composés produits sans l'intervention d'un être vivant; tandis que la *chimie organique* comprend les corps composés qui, comme le sucre, l'amidon, etc., sont produits exclusivement par les corps vivants.

» *a*. Or, en principe, le chimiste n'a pas besoin de savoir l'origine du corps qu'il étudie, cette connaissance n'ayant absolument aucune influence sur cette étude.

» *b*. D'un autre côté, tous ceux qui admettent une *chimie minérale* et une *chimie organique*, reconnaissent pourtant en principe la possibilité de reproduire dans les laboratoires, sinon les principes immédiats de corps vivants, du moins le plus grand nombre, comme l'atteste la production artificielle de l'*urée*, un des produits complexes des animaux; d'après ce fait, il est évident que la distinction dont nous parlons n'est pas scientifique.

» *c*. En troisième lieu, rien ne distingue essentiellement les composés d'origine organique des composés minéraux; car, parmi ceux-ci, on trouve des oxacides à deux, trois, quatre atomes de soufre, dont l'analogie avec les composés organiques est incontestable; d'un autre côté, en modifiant à l'infini les composés organiques à l'aide des réactifs, vous les rapprochez de plus en plus des composés minéraux.

» D'après ces considérations (*a*, *b*, *c*), il n'y a donc rien de rationnel, rien de précis dans la division de la chimie en deux parties reposant sur l'origine des espèces comprises dans chacune d'elles (1). »

87. — Ainsi donc, nous le répétons, il est impossible de rien comprendre à l'histoire des principes immédiats, si, au lieu de procéder du connu à l'inconnu, c'est-à-dire du composé au simple, on veut continuer à suivre la marche objective, à marcher du simple au composé, là-dessus repose toute la difficulté.

88. — Quoique déjà démontré ailleurs, ce point de méthode devait être rappelé ici, parce que c'est sur lui que

(1) Chevreul, *Journal des savants*, 1847, p. 745.

repose toute la difficulté de s'entendre qui règne entre les anatomistes et les chimistes. Ce livre n'est pas écrit pour ceux de ces derniers qui n'ont pas suffisamment embrassé l'ensemble de l'anatomie et de la physiologie pour comprendre ce fait.

Une fois cette vérité reconnue, l'expression *principe immédiat* devient de la plus grande netteté tant en biologie qu'en chimie.

89. — En anatomie donc, l'expression *principe immédiat* désigne tout individu des *derniers corps constituant ou ayant constitué l'organisme auxquels on puisse, par l'analyse anatomique, ramener la substance organisée et qu'on ne peut subdiviser en plusieurs sortes de matières sans en altérer la nature chimique.*

Dès lors se trouvent éliminés une foule de corps en lesquels peuvent être décomposés les principes immédiats réels, et qui encombrent toutes les publications où il est question de la constitution des humeurs; corps dont l'étude faite en anatomie empêcherait de reconnaître les limites où il faut s'arrêter, à moins d'arriver aux corps simples ou éléments chimiques.

L'acide sulfurique, phosphorique, la potasse, la magnésie, la chaux, la taurine, l'acide cholique et une foule d'autres produits de décomposition, ne sont pas des principes immédiats. Car, en effet, ce n'est pas sous l'état d'acide sulfurique, phosphorique, etc., que se trouvaient dans l'économie ces différents corps avant qu'on les eût retirés; c'est à l'état de sulfate, de phosphate, etc. Mais, objectera-t-on, qui vous dit que, si l'on pouvait arrêter les actes de l'organisme à un moment donné, on ne trouvât un acide, un alcali, de la taurine, etc., à l'état libre et naissant, sur le point de se combiner avec quelque autre corps également plus simple que vos principes sulfates, phosphates, choléate de soude, etc.?

D'abord plaçons-nous au point de vue réel et non au point de vue hypothétique. La biologie est une science trop complexe, quand on la compare à l'astronomie ou autre branche de la cosmologie, pour qu'on puisse pousser la déduction et

l'hypothèse jusque-là ; c'est plus expérimentalement et davantage par induction qu'il faut y procéder.

Que l'on vienne maintenant à démontrer qu'il est possible de tirer parti de la connaissance de cette double décomposition possible de divers principes, pour se rendre compte de certains phénomènes de nutrition ou d'autres actes physiologiques ; cela n'indique pas qu'il faille faire l'histoire anatomique de ces acides, etc., pris séparément, car on les a extraits d'un sel, mais non immédiatement des tissus. Et de plus, en tant qu'anatomistes, nous n'admettons pas qu'on vienne étudier l'organisation animale ou végétale sans savoir la chimie ; mais, par suite, nous admettons comme physiologistes que toutes les fois qu'il en est besoin on doit tirer parti de ces connaissances physiques et chimiques, pour expliquer les actes offerts par la substance des *sérums*, des *fibres*, des *cellules*, etc. (Par expliquer, nous entendons lier et coordonner les actes entre eux et les rattacher à leurs conditions statiques d'accomplissement.) De ces connaissances inorganiques, comme on voit, le biologiste ne tire qu'un parti indirect ou complémentaire de son observation ; mais il observe d'abord les choses comme elles sont dans l'être organisé, sans vouloir les devancer par le raisonnement déductif. Il suffit donc, mais il est indispensable que l'anatomiste étudie spécialement la quantité, l'état solide ou liquide, etc., de ces sels ou autres principes, tels qu'ils sont dans les humeurs et éléments anatomiques.

Trop souvent médecins et chimistes ont cru faire de la physiologie en faisant l'inverse, mais ils sont tombés dans cette confusion dont M. Chevreul parle en ces termes :

« Il est entendu que je ne confonds point avec la physiologie des interprétations auxquelles peut donner lieu l'examen des organes envisagés au seul point de vue de l'observation dénuée du contrôle de l'expérience ; de sorte que les opinions les plus contraires peuvent être soutenues avec chaleur sans qu'il en résulte autre chose que des assertions (1). »

(1) Chevreul, *Journal des savants*, 1847, p. 586.

90. — Ceci établi, l'expression *principe immédiat* prend en chimie un sens net et précis.

Est PRINCIPE IMMÉDIAT CHIMIQUE : *tout corps simple ou composé défini qui, par sa combinaison avec un autre corps, constitue un composé plus complexe défini ou non.*

Ou *vice versâ*, est *principe immédiat chimique* d'une substance : *tout individu chimique simple, ou composé défini, obtenu par décomposition d'un corps quelconque, défini ou non.* Nous avons suffisamment montré que l'origine d'un corps importe peu en chimie, pourvu qu'il soit un composé défini, pour que nous n'ayons pas besoin d'insister davantage sur cette définition.

FIN DES PROLÉGOMÈNES.

ANATOMIE.

PREMIÈRE DIVISION.

DES PARTIES CONSTITUANTES DU CORPS.

DÉFINITION.

91. — On donne le nom de PARTIES CONSTITUANTES DE L'ORGANISME aux espèces des *corps qui, par leur réunion, forment les tissus et les humeurs, et consécutivement toutes les parties de l'économie, par suite de dispositions nouvelles et de plus en plus compliquées des premiers;* ou en procédant du composé au simple, ce sont *les dernières espèces de corps irréductibles anatomiquement, c'est-à-dire sans décomposition chimique, mais par simple isolement successif, auxquelles on puisse ramener les tissus et les humeurs, et par suite toutes les autres parties de l'organisme plus compliquées encore.*

« UT addiscat tiro quam felicissime, harum firmarum par-
» tium totam naturam, OPPORTET UT PRIUS COGNOSCAT ILLAS
» PARTES EX QUIBUS MINIMIS OMNES COMPONUNTUR MAJORES, et IN
» QUAS RURSUS RESOLVUNTUR CORPORA.... Sunt ergo quædam
» PARTES PRIMÆ MINIMÆ, quæ NOSTRAS PARTES FIRMAS CONSTI-
» TUUNT : nam PARS SENSIBILIS nobis in corpore NON EST UNICA
» PARS, SED PLURES AGGREGATÆ PARTES ; *has ergo cognoscere
» debemus ut naturam partis cognoscamus....* Donec ad ulti-
» mum vas perveniamus quod habet membranam, non ex
» vasis jam amplius (aliter enim non esset ultimum vas), sed
» ex fibris compositam, quæ ergo fibræ, ultimam membra-
» nam constituentes, non sunt cavæ, aliter essent vasa, SED

» MERA FILAMENTA SOLIDA. Hæ vero fibræ constant ex MERIS » PARTIBUS solidis minimis, exiguis, simplicissimis, TERRES- » TRIBUS.... Hinc ergo tuto concludimus ultima corpora, ex » *quibus* majores nostræ partes constant, esse corpora valde » parva, satis inter se similia, ELEMENTA CORPORIS (1). » D'après ce qui précède, on peut appeler MÉROLOGIE (*merus*, pur, simple, sans mélange, de μειρω), cette première division de l'anatomie comprenant l'histoire des parties constituantes du corps, tant *éléments anatomiques* que *principes immédiats*. Quoique Boerhaave ne distingue pas toujours très nettement ce qu'il dit des fibres et des *partes terrestres ex quibus constant*, quoiqu'il applique quelquefois aux unes et aux autres l'expression de *partes elementares* ou d'*elementa corporis*, on ne peut douter, d'après ce qu'il dit et d'après ses expériences, qu'il n'en sût faire la distinction (2).

92. — Tout ce qui entre dans la composition des êtres organisés, tout ce qui concourt à les former et à les placer dans les conditions qui rendent possibles les actes qu'ils accomplissent, est du ressort de l'anatomie ; car cette science est l'étude statique des corps vivants.

Or, que trouvons-nous dans le corps des êtres organisés, des animaux qui doivent nous occuper ici plus particulièrement? Ce sont, d'une part, des gaz comme l'oxygène, l'azote, l'acide carbonique, etc., qui ordinairement sont à l'état de dissolution dans les liquides de l'économie.

D'autre part, ce sont des liquides de natures très diverses. Les uns, les plus nombreux, sont aqueux, c'est-à-dire *séreux* ou *muqueux*, etc. ; les autres sont *graisseux* ou *huileux*. Les premiers sont formés par l'eau qui tient des sels très nombreux en dissolution, principalement des sels à base terreuse ou alcaline, tels que les sulfates, chlorures, ou lactates, etc. Quelquefois ce sont des sels acides que cette eau tient en

(1) BOERHAAVE, *Methodus studii medici*. Amstelædami, 1751, in-4°, vol. I, p. 245-248.

(2) CH. ROBIN, *Tableaux d'anatomie*, in-4°, 1850, avertissement, p. XIV, et 9ᵉ tableau.

dissolution. Outre les sels, d'autres substances bien plus complexes, quant au nombre des éléments combinés pour les former, sont en même temps qu'eux dissoutes dans l'eau. Ce sont l'albumine, la fibrine, la caséine, et autres corps analogues, toujours très complexes, et par suite peu stables, cédant aux moindres forces qui tendent à les décomposer ou à les dédoubler en composés plus simples et plus fixes.

L'expérience montre que la présence des sels dans l'eau facilite la dissolution de ces substances complexes, et que, réciproquement, leur présence dans les liquides de l'économie influe sur la quantité des sels qui peuvent s'y trouver dissous.

Les liquides huileux ou graisseux sont peu abondants. Les huiles pures surtout sont rares et contiennent toujours un peu d'eau avec quelques sels dissous dans celle-ci. Telle est l'huile qui suinte des orifices des glandes sébacées de l'homme dans quelques circonstances, et de celles de quelques animaux; celle qu'on extrait des vésicules du tissu adipeux, comme des cellules des végétaux à huile. Quelquefois les matières grasses sont à l'état de gouttelettes liquides et tenues en suspension dans un sérum, comme dans le lait, le chyle, le sang de la veine porte, etc.

Nous sommes amenés ainsi à l'étude du troisième et dernier état des parties constituantes des corps organisés : ce sont les solides. Ils se présentent sous un grand nombre de formes. La plus simple est celle de granulations moléculaires, sorte de poussière organique qui est en suspension dans tous les liquides de l'économie sans exception, en quantité plus ou moins considérable. Ces granulations sont de natures diverses : les unes sont des corpuscules graisseux, d'autres fibreux ou de nature azotée, mais mal déterminée ; enfin, quelquefois ce sont des poussières minérales, cristallisées ou non, comme certains carbonates, des urates, de l'acide urique, etc... Les autres solides ont des formes particulières dont les plus simples sont celles de globules ou de cellules. Parmi ces globules, les uns sont librement en suspension dans les humeurs, dont ils sont des parties constituantes ; d'autres sont

réunis ensemble, groupés en masses, et forment des tissus et non des liquides. Les solides de formes moins simples sont des fibres, des tubes, des lamelles, des masses homogènes dures ou molles, parsemées ou non de granulations moléculaires, ou de globules et cellules ou de fibres. Ces corps sont réunis, en grande quantité, soit entre eux, soit avec d'autres, d'espèces différentes, et forment ainsi des tissus.

Tous les solides, dont nous venons de parler, ou à peu près tous, ont un volume tellement petit, qu'ils sont invisibles à l'œil nu; ainsi, par conséquent tous exigent, de toute nécessité, l'emploi du microscope pour être étudiés, et ce n'est que réunis en quantité considérable qu'ils forment des masses que nous puissions voir, qui sont les tissus, disposés en systèmes, ceux-ci en organes, etc.

Chacune des parties constituantes solides, dont il vient d'être question, fibres, cellules, etc., prise à part, a elle-même une constitution qui lui est propre. Ainsi, on peut, par la chaleur, en chasser une certaine quantité d'eau; dès lors son volume se réduit considérablement, et la partie solide se trouve être peu de chose en poids. Souvent en même temps on reconnaît que des gaz se trouvaient retenus par le solide, probablement dissous dans le liquide, dont il est imbibé. On peut, par le lavage, démontrer en outre que le liquide dont chaque particule constituante d'un tissu était imbibée n'était pas de l'eau pure, mais tenait en dissolution plusieurs sels, et quelquefois d'autres principes, ordinairement les mêmes qu'on trouve dans les humeurs. Quant à la partie solide, elle est formée de diverses substances mêlées ou combinées, qui sont aussi, comme dans les liquides, soit de l'albumine, de la fibrine, etc.

93. — En *résumé*, nous voyons que les parties constituantes des corps organisés, et des mammifères en particulier, peuvent être représentées d'une manière générale par le tableau suivant :

PARTIES CONSTITUANTES DES CORPS ORGANISÉS.

- **1. GAZEUSES** — ou bien en dissolution dans les humeurs ou continuellement à l'état gazeux.
  - Oxygène.
  - Azote.
  - Hydrogène.
  - Acide carbonique.
  - Hydrogène, carboné. sulfuré.
  - etc.
- **2. LIQUIDES**
  - *aqueux*, formés d'eau, tenant en dissolution
    - des sels et des savons,
    - de l'albumine, caséine, fibrine, etc,
    - de la créatine, de l'urée, etc.,
    - souvent d'autres substances spéciales à chacun d'eux,
    - — formant les mucus, les sérums et autres liquides.
  - *huileux*
    - sous forme de gouttelettes en suspension émulsive dans les liquides précédents.
    - ou purs et libres sur des surfaces, ou purs et contenus dans des vésicules particulières.

Ce sont les principes immédiats.

- **3. SOLIDES**
  - à l'état de fines granulations ou poussières (en suspension dans les liquides précédents et concourant avec eux à former les humeurs) :
    - inorganiques.
    - organiques, graisseuses ou azotées.
  - à l'état de globules ou de cellules de forme déterminée,
    - en suspension dans quelqu'un des liquides précédents et concourant avec eux et les granulations à former les humeurs.
    - réunis en masses ou membranes, et formant des tissus, soit seuls, soit mêlés aux solides qui suivent.
  - sous forme de
    - fibres, de tubes, simples ou ramifiées,
    - substances homogènes en masses, ou membranes granulées, fibroïdes, parsemées ou non de corpuscules, de noyaux, de cellules, de cavités, etc.,
    - — formant tous des tissus dont quelques uns limitent des cavités pleines de fluides.

Ce sont les éléments anatomiques.

Or, qui pourrait contester qu'une seule de ces parties constituantes ne soit du ressort de l'anatomie aussi bien que les tissus qu'elles forment? Qui pourrait contester que les humeurs ne doivent être étudiées en anatomie aussi bien que les tissus? Est-ce que les unes et les autres ne font pas partie des corps vivants, et au même titre l'une que l'autre?

Si l'on voulait essayer de construire de toutes pièces un être organisé, avec les matériaux dont l'histoire se trouve faite dans nos traités, on arriverait à avoir un corps qui ne renfermerait que des solides; c'est-à-dire, du côté de l'agent, la moitié à peine des conditions nécessaires à la vie. Et si l'on se rappelle ce qui a été dit dans l'introduction de ce traité, relativement aux *milieux*, dont aucun livre, sauf celui de M. de Blainville, ne parle, il serait impossible de savoir où placer ce corps, une fois constitué, pour le faire agir (1).

94. — L'étude des éléments anatomiques proprement dits, tels que fibres, tubes, cellules, etc., est bien reconnue aujourd'hui comme faisant partie de l'anatomie, quand toutefois elle n'est pas considérée comme une branche dont on peut à volonté se passer ou prendre connaissance.

Quant aux principes immédiats qui composent ces fibres, tubes, globules, cellules et les humeurs, comme le sang, la lymphe, les produits sécrétés, etc., l'anatomiste ne doit-il pas les connaître, les étudier, aussi bien que ces corps eux-mêmes? L'albumine, la fibrine, la caséine, etc., ne sont-elles pas des parties constituantes de notre corps, entrant dans la composition des humeurs d'abord, puis aussi dans celle des fibres, cellules, etc., comme celles-ci entrent dans la composition de nos tissus? Ce sont des substances auxquelles notre corps est redevable de son état statique comme à toute autre partie de l'organisme; elles doivent donc être étudiées aussi dans la partie statique de la biologie.

A leur tour, les sels, l'eau, les gaz, ne doivent-ils pas être étudiés au même titre, puisqu'ils jouent un rôle analogue dans

(1) Ch. Robin, *Du microscope et des injections*, etc. Paris, 1849, in-8°, préface, p. XIX à XXV.

l'organisation? Serait-ce parce qu'on les étudie en chimie que jusqu'à présent on ne trouve pas leur place dans nos traités? Mais de ce qu'une partie de leur histoire, la partie purement chimique, est faite en chimie, cela ne doit certainement pas empêcher de faire ici l'histoire du rôle qu'ils jouent dans l'organisme ; comme en physiologie il faudra traiter de leur importance, de leur présence ou absence dans l'accomplissement de chaque acte organique. La connaissance de leur histoire chimique est une introduction indispensable à leur histoire anatomique et physiologique; elle la rend plus facile et plus exacte, mais ne peut y suppléer (1).

95. — L'étude des parties constituantes élémentaires de l'organisme constitue la première division fondamentale de l'anatomie en procédant du simple au composé; et la sixième et dernière, quand on procède en sens inverse. On lui donne le nom de *Mérologie* (de *merus*, pur, simple, sans mélange ; de μειρω, je divis)e.

La MÉROLOGIE est donc une branche de l'anatomie qui a pour sujet l'étude des parties constituantes élémentaires des tissus et des humeurs de l'organisme, et pour but ou objet la connaissance de celles-là, afin d'arriver à une notion plus approfondie de la constitution intime des parties qui en sont formées.

Cette *division* de l'anatomie se *subdivise* à son tour aussitôt en deux parties, l'une embrassant l'étude des éléments anatomiques, l'autre celle des principes immédiats ; aussi le mot *mérologie* est-il simplement une expression employée pour abréger le discours et désigner à la fois par un seul terme ces deux subdivisions de la dernière branche de l'anatomie (2).

(1) CH. ROBIN, *loc. cit.*, 1849, préface, p. xxv à xxvij.

(2) CH. ROBIN, *Tableaux d'anatomie*. Paris, 1850, in-4°, avertissement, p. 14, et 9e tableau.

DIVISION DES PARTIES CONSTITUANTES EN DEUX GROUPES NATURELS : 1° LES PRINCIPES IMMÉDIATS ; 2° LES ÉLÉMENTS ANATOMIQUES.

96. — On ne saurait contester que l'étude des parties constituantes, gazeuses, liquides et solides des corps organisés ne rentre dans le domaine de l'anatomie. On ne saurait non plus s'empêcher de les étudier à l'état anormal, comme à l'état normal, car les transitions de l'un à l'autre sont insensibles, mais surtout parce que l'étude de l'un de ces états complète celle de l'autre.

Nous devons reconnaître aussi que ces parties constituantes se séparent en deux groupes très naturels, liés l'un à l'autre, quoique différents en fait. Ce sont :

1° Les principes immédiats ;

2° Les éléments anatomiques proprement dits.

Les premiers sont des principes qui doivent faire partie, qui font partie, ou au moins ont fait partie des seconds. Les éléments anatomiques sont les véritables agents des corps organisés, ce sont eux qui, réunis de diverses façons, agissent en eux, qui jouissent des propriétés fondamentales de ces êtres.

Ces quelques mots de Boerhaave font sentir on ne peut plus clairement la différence qu'on établit actuellement entre un ÉLÉMENT ANATOMIQUE et un PRINCIPE IMMÉDIAT : *Est* FIBRA *minima partium firmarum, quæ non potest* ULTERIUS RESOLVI, *nisi in elementa modo descripta.... Ergo minimum vas constat ex minima membrana, quæ ex* MINIMIS FIBRIS SIT, *quæ fibræ ex* MERA TERRA CONSTANT. Boerhaave (1), n'ayant que l'eau bouillante et la combustion pour effectuer les analyses par lesquelles il arrive à ces résultats, on ne doit pas s'étonner de ne lui voir trouver aucun autre principe immédiat que les sels terreux.

Les éléments sont les parties en lesquelles se subdivisent les parties solides du corps, les tissus qui, vu leur état solide,

(1) BOERHAAVE, *loc. cit.*, 1751, p. 245-248.

donnent pour résultat de leur subdivision d'autres parties solides de forme et de volume déterminés; les éléments sont essentiellement les parties constituantes des tissus. Les principes immédiats sont les parties constituantes des humeurs; ce sont les parties en lesquelles, vu leur état liquide, se subdivisent les humeurs, ce sont leurs éléments organiques; car leur état fluide interdit de songer à les voir se partager en corpuscules solides et bien délimités. Comme en définitive c'est dans les humeurs que les éléments puisent les matériaux qui leur sont nécessaires, et rejettent ceux qui ont servi, on ne peut s'étonner d'apprendre que secondairement les éléments se subdivisent aussi en principes des mêmes espèces que ceux des humeurs (1).

En un mot, les principes immédiats (phosphates, créatine, etc.), comme les éléments anatomiques (fibres, tubes, cellules, etc.), sont des *éléments organiques*, c'est-à-dire les *parties constituantes élémentaires de la substance organisée;* aussi on emploie plus spécialement l'expression d'*éléments anatomiques* (pouvant être disséqués) pour désigner les fibres, cellules, etc., et celle de *principes immédiats* pour désigner les parties élémentaires se rapprochant des composés chimiques; quelquefois celle d'*éléments organiques* désigne ces deux ordres de parties ensemble.

97.—Il faut, pour l'étude de ces parties constituantes, tant principes qu'éléments, les étudier des animaux les plus élevés aux plus simples, parce que l'observation montre qu'au fur et à mesure de la simplification de tout l'organisme, la structure des éléments se simplifie aussi. De telle sorte que si l'on ne prenait ceux-ci là où ils sont le plus nettement tranchés, on ne pourrait déterminer le moment ou tel ou tel d'entre eux apparaît dans la série animale, puisqu'on manquerait de caractères suffisants pour appuyer une détermination. Au contraire, une fois bien connus, là où l'appareil et la fonction sont le plus nettement déterminés, on peut en suivre la dé-

(1) Ch. Robin, *loc. cit.*, 1849, préface, p. xxj, et *Tableaux d'anatomie*, 1850, avertissement, p. xiv, et tabl. 9 à 10.

croissance, la simplification, et en signaler la disparition; car il y a des éléments, et surtout des principes immédiats, qu'on voit disparaître à un certain point de la série. Une fois ces éléments bien connus chez tous les animaux, en suivant cet ordre, on pourra procéder en sens inverse, et les étudier après avoir fait l'examen de ceux des végétaux qui sont les plus nettement caractérisés.

Étant donné un animal ou un groupe d'animaux analogues entre eux, ce sont les éléments les plus simples qui doivent être étudiés d'abord, puis il faut passer graduellement à l'étude des plus complexes. Non pas que l'observation montre une transition des uns aux autres par des éléments intermédiaires qui auraient autant de caractères d'une espèce que de ceux d'une autre, comme l'ont cru quelques auteurs, mais uniquement parce que le fait est rationnel; car, ainsi qu'on le verra, la liaison, le rapprochement des espèces d'éléments les uns aux autres est loin d'être graduel et régulier. Il y a, au contraire, fort peu de liaison entre les espèces qu'on est forcé d'étudier à la suite l'une de l'autre, elles semblent alors disposées de la manière la plus disparate. Les espèces qui paraissent se ressembler par quelques caractères de forme ou de volume, conservent toujours, au milieu de leurs variations, des différences caractéristiques qui n'échappent que faute d'attention ou par l'emploi d'instruments insuffisants. Ces différences portent sur la netteté ou l'irrégularité des bords, sur la disposition, le volume, la couleur, etc., du noyau, du nucléole, des granulations moléculaires graisseuses ou non, etc. Les individus de chaque espèce oscillent en quelque sorte autour d'un type, et, lors même qu'ils s'en écartent le plus, ils n'en perdent jamais tous les caractères; de plus, lorsqu'ils varient, on ne les voit pas se rapprocher d'un autre élément, soit par la forme, soit par le volume, etc., ou prendre les formes cristallines d'un autre principe, dans le cas où il s'agit de ceux-ci, mais au contraire ils s'en éloignent pour constituer quelque variété ou forme accidentelle.

C'est donc à tort qu'on a cherché à faire une série graduelle des éléments anatomiques en partant d'un type, la cellule, sorte de radical, à partir duquel on aurait établi une échelle ascendante graduelle sans transition brusque, dont chaque élément n'eût été qu'un échelon, ne différant pas plus du suivant que de celui qui le précède. L'observation ne démontre pas qu'il en soit ainsi. Elle ne montre pas non plus que le complément physiologique nécessaire de cette idée soit vrai, c'est-à-dire que chacun de ces éléments commence dans son développement par être cellule, avant d'être fibre ou tube, et peut devenir un de ces éléments par simple changement de forme ou métamorphose de la cellule. Enfin on comprend que si cette échelle des éléments existait, que s'ils se développaient par métamorphose d'un même type, ou réciproquement (car ces deux choses sont nécessairement liées l'une à l'autre, par quelque bout qu'on les prenne), on comprend, disons-nous, qu'il devrait aussi y avoir enchaînement des propriétés spéciales à chacun d'eux. Or ce serait supprimer toute organisation et toute physiologie que de vouloir faire ainsi dériver tous les éléments d'un même type; car on serait conduit à regarder comme *homogène* ce qui est caractérisé par l'indépendance, mais avec solidarité. Celle-ci est obtenue et maintenue du côté des éléments par leur adhérence avec simple contiguïté, sans continuité de substance d'une espèce avec l'autre; en dehors d'eux elle est obtenue par leur soumission à un ensemble de conditions d'existence qui ont un centre commun (sucs nourriciers propres à chaque espèce d'éléments, mais provenant toutefois d'une source commune, qui est le sang).

Ce n'est pas à dire que tous les auteurs qui ont abordé ce sujet l'aient poursuivi rigoureusement; tant s'en faut, et heureusement. L'observation les a toujours ramenés, malgré eux, à se tenir plus dans le vrai que nous ne venons de le dire. Mais, s'ils avaient été conséquents, ils auraient envisagé la question sous les trois points de vue que nous venons de signaler, savoir : 1° échelle graduelle des éléments anatomi-

ques reposant sur des modifications d'un même type, sorte de radical, la *cellule;* 2° développement par métamorphoses diverses de ce type, point sur lequel on a surtout insisté en négligeant les autres; 3° échelle graduelle sans différences essentielles des propriétés qui se rattachent nécessairement à chaque élément anatomique, en partant d'une supériorité prétendue des uns sur les autres. C'est, du reste, pour n'avoir envisagé que le côté du *développement*, d'une manière trop exclusive, sans tenir assez compte des deux autres points, qu'on a soutenu si longtemps l'idée absolue de la métamorphose; car, dès qu'on envisage l'ensemble, les faits apparaissent sous leur vrai point de vue, et montrent qu'avec des différences tranchées dans les caractères des espèces d'éléments, il s'en trouve de correspondantes dans le développement (1).

Du reste, toute cette question n'est pas neuve, et il y a déjà longtemps qu'à l'époque même où elle s'agitait le plus et semblait alors devoir prédominer, M. Chevreul la jugeait en parlant des tissus auxquels elle s'applique tout aussi bien qu'aux éléments. Il la jugeait, ainsi qu'on va le voir, en se plaçant au point de vue physiologique, parce qu'il y a une telle liaison entre les trois faces de cette question, que l'une quelconque, envisagée d'une manière rigoureuse, conduit indispensablement à la solution des deux autres.

« Nous terminerons cet article, dit M. Chevreul, en appelant l'attention de M. Serres sur la nécessité de donner plus de développement à l'opinion qu'il s'est faite de cette sorte de série ou d'échelle des tissus, qu'il commence par le *tissu cellulaire*, qu'il finit par le *tissu nerveux*.

» Certes, nous comprenons cette échelle des tissus, si l'auteur a voulu exprimer que, plus il y a de nerfs dans un organe relativement aux autres, plus l'organisation de cet organe est élevée. Mais s'il s'agit de considérer les tissus d'une manière isolée, comme on peut être tenté de le croire en

(1) Ch. Robin, *Tableaux d'anatomie*, in-4°, 1850, avertissement et 9e tableau.

suivant à la lettre ce qu'il a écrit sur ce sujet, il nous semble qu'alors il y aura inconvénient à présenter ainsi une hiérarchie, une échelle de tissus considérés isolément les uns des autres; car, *chacun ayant son rôle dans l'économie animale, chacun est facteur* d'un produit de l'organisation : dès lors ôtez un facteur et le produit est dénaturé. Ainsi, nous ne concevons pas l'organe musculaire sans organe nerveux, et le tissu cellulaire existe dans ce dernier aussi bien que dans le premier.

» En définitive, si l'analyse est excellente dans les sciences, c'est pour mieux connaître les éléments que la synthèse doit coordonner. Conséquemment, si vous avez séparé, par la dissection, par des moyens chimiques, les différents tissus, ne cherchez pas à constituer une échelle de ces tissus d'après une prétendue supériorité des uns sur les autres; car *ils ne valent quelque chose dans l'économie animale que par leur coordination, et chacun a un rôle particulier qu'un autre ne peut remplir* sans troubler l'harmonie d'un ensemble admirable (1). »

98. — Cette tendance instinctive, cette sorte d'aspiration vers une coordination absolument régulière des éléments anatomiques de laquelle nous venons de parler, ne doit pourtant pas être simplement rejetée, car elle représente au fond une nécessité réelle. Elle doit être remplacée par quelque chose, et l'observation montre qu'il s'agit simplement de rapprocher davantage nos divisions théoriques de ce qu'on voit exister dans l'organisme; il faut tâcher d'arriver à ce qu'elles se moulent, si l'on peut ainsi dire, plus exactement sur la réalité. Or, pour cela, ce qu'il y a à faire, c'est de remplacer une idée absolue par des idées relatives; une seule idée, nécessairement absolue alors, par plusieurs notions liées les unes aux autres. Ainsi en premier lieu, l'idée d'une échelle

(1) Chevreul, *Réflexions sur la nécessité de l'intervention des sc. physico-chimiques dans les rech. d'organogénie et les format. de nouv. produits sous l'infl. d'une maladie et la transformat. des tissus* (*Journal des savants*, 1840, p. 722).

graduellement ascendante des éléments anatomiques sera remplacée par celle de l'enchaînement des différents ordres de caractères qu'ils présentent à l'égal de toute autre espèce de corps ; ces caractères, ainsi rangés dans l'ordre de la complication croissante et de la généralité décroissante des considérations qu'ils comportent, seront ensuite étudiés dans cet ordre, sur chaque espèce de corps qu'on a sous les yeux. Dès lors aucun de ces caractères ne sera omis, la valeur d'aucun ne sera exagérée ; dès lors enfin on reconnaîtra que les éléments et les principes forment des espèces distinctes, dont l'étude sera facilitée par leur réunion en groupes secondaires, nécessairement plus ou moins artificiels, tels que classes, ordres, etc.; ces derniers seront ensuite coordonnés en partant de ceux qui renferment les espèces les plus simples pour arriver aux plus complexes, ou *vice versâ*. Nul principe, en effet (pas plus que les éléments, tissus, etc.), ne se distingue d'un autre par un caractère unique et absolu : c'est par un ensemble de caractères que chacun d'eux est spécifié. Généralement, dans la pratique, on n'est sûr de la distinction qu'après avoir constaté tous ou la plupart de ces caractères et les avoir comparés directement par la vue ou de mémoire aux caractères des autres principes. Cette tendance, cette sorte d'aspiration vers une liaison en une seule chaîne de tout ce qui nous frappe doit ainsi être remplacée par l'idée d'enchaînement des caractères propres à chaque corps (1). En second lieu, pour les éléments anatomiques spécialement, l'idée de leur naissance sous forme de cellule, pour tous sans exception, laquelle se métamorphose ensuite, cette idée prise comme exprimant d'une manière absolue le mode d'évolution des éléments anatomiques formés soit dans l'embryon, soit chez l'adulte, sera reconnue comme trop absolue et ne représentant pas réellement tous les modes de formation et d'évolution des éléments anatomiques. Elle sera remplacée par la notion de trois faits géné-

(1) Voyez plus haut, *Prolégomènes*, p. 6, et Ch. Robin, *Tableaux d'anatomie*. Paris, 1850, in-4, tableaux 1er et 8e.

raux distincts, mais se succédant d'après l'ordre de leur généralité et de leur indépendance décroissantes (1).

99. — Ce qui précède s'applique aussi bien au second groupe des parties constituantes, les principes immédiats, qu'aux éléments ; quoique parlant des parties constituantes en général, nous avons dû prendre à part chacun des deux groupes pour traiter d'un point qui leur est commun (et qui s'applique aussi aux tissus, comme on vient de voir), parce que le sujet n'est pas encore assez généralement familier.

Il est facile de remarquer qu'il serait impossible de former une échelle des principes immédiats, de les lier les uns aux autres de manière à passer insensiblement du premier au second, et ainsi de suite. Quoiqu'il se trouve qu'en les groupant anatomiquement, on en forme des classes dont la première renferme les principes généralement les plus simples et d'une complication graduellement croissante, on voit néanmoins qu'entre chaque principe d'abord, il y a des différences de caractères et de constitution les plus tranchés, et que l'espace qui sépare chaque classe de celle qui en est voisine est encore plus considérable. Dès lors, l'étude de chacun des principes, c'est-à-dire ce côté de leur histoire qui est le plus immédiatement applicable aux besoins de la pratique, devient plus facile, parce que ces différences tranchées empêchent d'attribuer à l'un ce qui appartient à l'autre ; or nous savons que le but proposé est de rapporter de la manière la plus exacte possible chaque acte à son agent et non à un autre. Nous savons, de plus, que la plupart des maladies, dites générales, etc., dérivent essentiellement des troubles de nutrition,

(1) Ch. Robin, *Mém. sur le développ. des spermatoz. et des éléments anatomiques* (Journal *L'Institut*, juillet 1848, vol. XVI, p. 214). — Ch. Robin, *Sur le développement des éléments anatomiques en général, et sur celui des vésicules adipeuses en particulier* (*Mém. de la Soc. de biologie*, Paris, 1849, in-8, p. 189). — *Observations sur l'ostéogénie* (*Mém. de la Soc. de biologie*, Paris, 1850, p. 119), et *Modifications apportées à la théorie de Schwann sur la cellule*, dans Müller, *Manuel de physiologie*, traduct. française, 2e édit., par M. Littré. Paris, 1851, in-8, t. II, p. 774.

et que c'est à l'étude des phénomènes de cet ordre qu'est surtout utile la connaissance des principes immédiats.

Pourtant, lorsque c'est par la méthode chimique, qui procède toujours du simple au composé, qu'on veut en aborder l'étude, et non par la méthode inverse, qui va expérimentalement du connu à l'inconnu, on est conduit involontairement non pas à prendre et à étudier chaque principe en ce qu'il est, mais à le considérer comme le dérivé de quelque chose, d'un type, d'un radical. C'est du moins ce qui arrive pour les principes dont la composition chimique se trouve être plus complexe que celle des autres. On cherche dès lors à les simplifier plutôt qu'à les étudier; on cherche un radical pour chaque science. C'est ainsi qu'on cherche vainement un radical pour les principes azotés non cristallisables, le radical protéine, pour tâcher ensuite de faire une série de ces corps. Or, depuis qu'on se perd dans ces recherches, l'histoire réelle de ces principes n'a pu faire un pas. Ceci ne veut nullement dire qu'il faille négliger l'étude des corps qui, comme l'albuminose, se rapprochent beaucoup de l'albumine : bien au contraire. Et il faut le faire, parce que, anatomiquement, elle diffère de l'albumine; il faut le faire, pour chercher à rendre ces différences plus nettes partout où elles existent. Mais ce n'est pas au point de vue chimique qu'il faut s'en occuper, ce n'est pas en cherchant à en faire l'analyse élémentaire qu'il faut les étudier, c'est anatomiquement. On reconnaît alors que ces principes ne peuvent, pas plus que les autres, former une échelle ou une série dérivant d'un radical quelconque : mais que chacun d'eux a des caractères qui lui sont propres et qui peuvent le faire distinguer des autres dans les diverses humeurs où il se trouve; que, par suite, la connaissance de ces caractères pourra être directement utilisée par le médecin dans tel ou tel trouble des actes organiques. C'est ce que la suite de ce livre va démontrer.

SUBDIVISION PREMIÈRE.

DES PRINCIPES IMMÉDIATS, OU STŒCHIOLOGIE (1).

---

100. — La stœchiologie est une subdivision de l'anatomie qui a pour *sujet* l'étude des corps qui constituent immédiatement la substance organisée, et pour *but* ou *objet*, d'arriver à connaître comment, à leur aide, cette matière est constituée.

La stœchiologie comprend :

1° L'étude des *principes immédiats en général*, c'est-à-dire envisagés tous dans une description commune, comme s'ils n'en formaient qu'un seul.

2° L'examen des *principes immédiats en particulier*, c'est-à-dire étudiés tous chacun séparément, l'un après l'autre.

3° Elle comprend en outre l'étude des *principes immédiats accidentels*, c'est-à-dire l'histoire des principes qui sont introduits involontairement ou volontairement, mais dans des cas particuliers, et de ceux qui quelquefois se forment accidentellement dans l'économie. Ces principes doivent être suivis dans l'économie depuis le moment de leur entrée ou formation jusqu'à celui de leur sortie ou de leur destruction, si elle a lieu comme tout autre principe. Ici la science touche à l'art, savoir à la thérapeutique, à la toxicologie et à l'hygiène. La thérapeutique dite rationnelle, par exemple, repose entièrement sur cette étude et n'a jamais pu être faite encore. En effet, que sont les médicaments ? Ce sont un ou plusieurs principes immédiats introduits du dehors dans l'organisme, lequel se trouve dans un état déterminé, ou qui est censé l'être. Il y a, comme on voit, à tenir compte ici de deux choses : de l'organisme et du principe accidentel. Il devient tout de suite

(1) Histoire des principes immédiats : στοιχειον, *principe* (ou *élément* dans le sens adopté par les anciens : l'eau, l'air, la terre, le feu); λογος, *discours*.

évident que, puisqu'on n'a pas encore fait l'histoire complète des principes immédiats normaux, l'emploi des médicaments ou principes accidentels, dans les tentatives les plus rationnelles, a toujours été plus ou moins empirique. Le but qu'on se propose en introduisant un médicament est, au fond, de rétablir dans leur état normal d'*union réciproque* les principes qui constituent la substance organisée. On cherche à le faire en portant au milieu d'elle d'autres principes qui sont favorables à ce rétablissement, soit qu'ils puissent s'unir aux principes normaux, soit simplement qu'ils remplissent le rôle de conditions extérieures favorables à ce retour à l'état normal d'union les uns avec les autres. Ce but ne peut être atteint qu'expérimentalement, car l'effet des principes accidentels ne peut être prévu. Or, comment instituer convenablement ces expériences, si l'on ne sait quels sont les principes qui constituent cette substance et la manière dont ils sont unis pour la constituer ? Au contraire, une fois connue cette partie de la constitution de l'organisme d'une part, et de l'autre étudiée expérimentalement l'action des principes accidentels médicamenteux, dont l'empirisme spontané et naturel nous a donné la notion, on arrivera de plus en plus à pouvoir dire : *naturam morborum curationes ostendunt.* Réciproquement, les symptômes des maladies étant rattachés d'une manière de plus en plus précise aux lésions qui les causent, ils pourront nous faire concevoir de plus en plus nettement quelle est la nature du dérangement de la substance organisée qui les détermine ; dès lors on pourra prévoir plus exactement quels sont les principes qu'il faut introduire pour rétablir cette substance dans son état normal. Ce qui précède fait facilement concevoir comment la stœchiologie touche aussi à l'hygiène et à la toxicologie, comment elle tend à les perfectionner soit en leur donnant de l'extension, soit en donnant plus de certitude aux notions qui s'y rapportent.

4° Enfin à ces trois ordres de faits nous en ajouterons un autre dont l'étude n'est que temporaire. Tout ce qui a été fait de

l'histoire des principes immédiats a toujours été fait au hasard, il en est résulté pour la science un encombrement de matériaux des plus nuisibles. Ils seront bientôt abandonnés, mais ils doivent cependant encore être pour quelque temps mentionnés, afin de servir à montrer ce qu'il faut ne pas faire ; ce sera là leur seule utilité. Nous aurons donc à parler des *corps qui ne sont pas des principes immédiats*. Les uns sont des principes dont l'état réel de combinaison n'est pas connu ; les autres sont des espèces douteuses ; d'autres sont des principes qui n'existent pas et ont pourtant été donnés comme existant : de ces derniers les uns sont des composés chimiques obtenus par décomposition des principes réels, les autres sont des mélanges ; enfin il en est qui n'existent ni comme principes ni comme composés chimiques.

Ces quatre ordres de faits sont le sujet des *quatre livres* dont se compose cet ouvrage.

LIVRE PREMIER.

DES PRINCIPES IMMÉDIATS EN GÉNÉRAL.

Définition.

101. — Les principes immédiats sont les derniers corps constituant ou ayant constitué l'organisme, auxquels on puisse, par l'analyse anatomique, ramener la substance organisée, et qu'on ne peut subdiviser davantage en plusieurs sortes de matières sans décomposition chimique.

A la dénomination de *principe immédiat* se rattache, comme attribut statique, l'idée de leur état gazeux, liquide ou solide, de la complexité de leur composition, et d'union les uns avec les autres par dissolution réciproque et mélange; comme attribut dynamique, il faut lui rattacher l'idée d'*instabilité* de leur union réciproque, qui est la base de leur mutuelle solidarité à l'intérieur et de leur facile réductibilité à l'état de corps plus fixes et plus simples sous l'influence des conditions extérieures auxquelles ils sont subordonnés, comme toute partie du corps.

« Le sucre, la gomme, l'amidon, le ligneux ou cellulose, l'eau, les sels, etc., relativement à une plante; la fibrine, l'albumine, les graisses, la créatine, l'urée, l'eau, les sels, etc., relativement à un animal, sont leurs principes immédiats. On doit considérer ces substances comme les principes immédiats et caractéristiques de la plante, de l'animal auquel elles appartiennent, tandis que l'oxygène, l'azote, le carbone et l'hydrogène qui les composent en sont les principes médiats, éloignés ou élémentaires (1). »

Division et distribution des matières du LIVRE PREMIER.

102. — Avant d'aller plus loin, il importe d'être bien fixé

(1) CHEVREUL, *Considérations générales sur l'analyse organique et ses applications*. Paris, 1824, in-8, p. 23.

sur la nature du contenu de ce livre, qui traite des principes immédiats en général, ou, comme on dit quelquefois, de généralités sur les principes immédiats. Faute de doctrine scientifique, dans beaucoup de livres *généralité* est devenu synonyme de *banalité*. Par *généralités* on entend : la détermination exacte de tous les faits communs aux diverses parties du sujet, ce qui fixe et dirige l'esprit sur la manière dont celles-ci doivent être considérées et sur le but ou objet qu'on doit se proposer. En outre, ces généralités peuvent être conçues sous deux aspects : ou comme aperçu *d'une doctrine à établir*, caractérisant dès l'origine le sujet à considérer ; ou comme résumé d'une doctrine établie. Or les livres auxquels nous faisons allusion ne renferment guère sous ce titre que des emprunts faits aux sciences voisines, ce qui, loin de délimiter le sujet ne le rend que diffus, en y introduisant des notions hétérogènes, ou des hypothèses sur les choses que le sujet, doit précisément avoir pour résultat de faire reconnaître comme vraies ou fausses ; et cela influe naturellement d'une manière fâcheuse sur tous les détails consécutifs.

103. — Dans la définition même du sujet et de l'objet de cette partie de l'anatomie, et dans la manière dont est posée la question, nous devons, comme toujours, trouver et puiser toutes les données générales nécessaires à sa solution.

1° Dans un premier chapitre les principes seront *examinés* tous ensemble, comme s'ils n'en faisaient qu'un ; tous leurs caractères seront poursuivis rigoureusement dans l'ordre tracé par le tableau que renferment nos prolégomènes (p. 6). C'est là naturellement le chapitre le plus complet de ce livre et le plus homogène ; car plus d'un caractère d'ordre mathématique, physique ou chimique, etc., indiqué dans ce tableau comme devant exister, est offert par tel principe et manque sur tel autre ; en sorte qu'il sera question dans ce chapitre de faits qui ne se retrouveront pas dans l'histoire de tel ou tel principe immédiat pris au hasard parmi tous, mais ils se rencontreront peut-être dans celle du principe qui en est le plus voisin.

2° Les principes immédiats, ainsi contemplés dans leur ensemble comme s'ils n'en formaient qu'un seul, seront *comparés* entre eux, et généralisant ainsi les faits qui s'y rapportent, ils seront réunis en groupes ; ceux-ci étant *coordonnés* ensuite, l'étude des principes se trouve systématisée d'une manière complète par leur *classification*.

3° Toute classification doit à son tour être *exprimée;* nous aurons donc, pour atteindre ce but indispensable, à tirer parti de l'art des nomenclatures, trop souvent confondu avec le classement par comparaison et coordination, qui peut ne pas être nécessairement exprimé en termes spéciaux.

4° Une fois conçue et exprimée dans son ensemble, l'étude des principes n'est pas entièrement achevée, il s'agit encore d'apprendre comment on l'*exécute*. Ici donc devront être examinés les procédés à l'aide desquels on parvient à acquérir ces connaissances. Ce sont spécialement les moyens d'extraction des espèces, et les moyens qui mènent à la distinction de ces espèces les unes des autres ; ils sont du reste presque toujours employés simultanément.

5° Enfin, arrivés là, tout n'est pas fait encore. Nulle étude n'est complète si l'on ne sait comment nous sommes parvenus par des efforts successifs, dans la série des âges, à savoir ce que nous connaissons présentement.

Quoique jamais l'étude des principes immédiats n'ait encore été faite d'une manière directe, en les envisageant sous leur véritable point de vue, c'est-à-dire comme parties constituantes de l'organisme, il faut reconnaître que leur histoire a, comme celle de toute chose, ses racines dans le passé. Il faut donc chercher celles-ci partout où elles sont, et les dégager des faits d'une autre nature qui les environnent et nous les masquent ; il faut le faire, non pas seulement par curiosité, mais pour voir comment, par des essais successifs, on est arrivé jusqu'au point où nous en sommes, et prendre, quand il y a lieu, exemple sur ceux qui nous ont précédés, ou plus souvent peut-être éviter de recommencer des tentatives infructueuses.

L'examen de la filiation des faits réagit du reste de la manière la plus nette sur le côté purement scientifique de nos études. Il n'est pas une de nos connaissances, avons-nous dit, qui n'ait ses racines dans le passé ; et à l'époque où nous vivons, nous sommes placés, plus qu'à toute autre antérieure, dans cette situation remarquable, que nul fait ne peut être entièrement nouveau et fort peu de ceux déjà découverts ne sont connus d'une manière complète. La raison de cela est que tous les ordres de nos connaissances, constituant la hiérarchie scientifique qui s'étend des faits les plus simples ou mathématiques, jusqu'aux plus complexes ou sociaux, ont été abordés ; mais comme jamais encore une génération entière n'a envisagé l'ensemble de ces ordres de faits, nul d'entre eux n'a pu être envisagé dans tous ses rapports avec ceux des autres ordres plus simples ou plus complexes. Ceci s'applique aux faits de quelque valeur, car il y a et il y aura toujours des détails à découvrir ; mais ils deviennent chaque jour de plus en plus insignifiants pour la théorie, en ce qu'ils n'influent pas sur ceux qui sont plus généraux. Nous aurons donc à faire l'histoire des principes immédiats dans le temps après l'avoir faite dans l'espace ; nous aurons à en faire l'*historique*.

Il importe d'observer qu'en toute science, surtout en biologie, on doit ne pas confondre ce qui est avec ce qui a été dit ; ce qui est dans les corps organisés, avec ce qui est dans les livres ; la *science* avec l'*histoire de la science*, distincte elle-même de l'*érudition*, qui connaît les noms et les faits historiques sans savoir en établir la filiation. Cette distinction nette est de toute importance ; il n'y a pas d'étude sérieuse possible sans cela. Il faut donc, avant de lire les descriptions suivantes, faire pour un instant table rase de ce qui est dans les classiques. L'exposé de la science doit être fait aussi parfaitement que le permettent nos moyens présents d'investigation ; mais il ne peut être définitif, parce que des moyens plus précis et des connaissances plus générales modifient incessamment les questions de détail. Nos connaissances ne marchent, en effet, que par approximations successives, et quand

on parle du *dernier mot de la science*, il ne faut regarder cette expression comme absolument vraie que pour le jour ou l'année où elle a été employée (1).

Chacun des sujets qui viennent d'être indiqués formera dans ce premier livre un *chapitre* distinct.

CHAPITRE PREMIER.

DES DIVERS ORDRES DE CARACTÈRES QUE PRÉSENTENT A ÉTUDIER LES PRINCIPES IMMÉDIATS DANS L'ORGANISME.

104. — Nous savons que le corps de l'homme présente des caractères d'ordres mathématique, physique, chimique, d'ordre organoleptique et d'ordre organique.

Poursuivant ces caractères depuis l'analyse anatomique extérieure la plus simple, la plus grossière, qui se contente de diviser le corps en parties extérieures ou membres, jusqu'à son analyse intérieure qui va des parties les plus compliquées jusqu'à celles qui sont irréductibles autrement que par destruction chimique, nous sommes arrivés jusqu'à l'étude des principes immédiats. (*Prolégomènes*, p. 6.)

Les principes immédiats, considérés tels qu'ils sont dans l'économie, tels qu'ils sont réunis les uns aux autres, avant d'avoir été extraits des corps organisés, présentent des caractères de nombre, de situations, de durée plus ou moins longue dans l'organisme, quelquefois de forme et de volume, qui sont autant de caractères d'ordre mathématique. Ils sont à divers degrés de solidité ou de fluidité, ils sont pesants, et présentent divers caractères optiques, etc.; ils ont donc des caractères physiques. De plus, ils sont solubles ou non, et présentent divers autres phénomènes moléculaires de composition et de décomposition qui se passent encore ici comme dans le règne minéral, suivant certaines lois de proportions

(1) CH. ROBIN, *Tableaux d'anatomie*. Paris, 1850, avertissement, p. 1.

définies. Ce sont là des caractères chimiques qu'il faut étudier, comme déjà nous l'avons fait pour le corps en général, et comme nous le ferons pour toutes les autres parties qui le constituent, déjà déterminées successivement sous le nom d'éléments anatomiques, tissus, systèmes, organes et appareils. Ils ont, de plus, une odeur et une saveur particulières; ils donnent au toucher des sensations spéciales, différentes, même avec un égal degré de consistance, ce qui constitue un autre ordre de caractères importants : c'est ce que M. Chevreul a surtout fait ressortir, en les appelant *caractères organoleptiques*. Enfin, les principes immédiats ont des caractères organiques, c'est-à-dire différents de tous les précédents, qui n'appartiennent qu'à eux et aux autres parties des corps organisés : tel est l'état liquide ou demi-liquide par dissolution réciproque les uns dans les autres, ou la solidité et demi-solidité spéciale qu'ils présentent dans les corps organisés, lorsqu'ils n'ont pas encore été extraits des tissus. C'est là un ordre de caractères dont on ne rencontre pas la notion dans les sciences inorganiques; là ces caractères manquent, mais ils apparaissent à l'état d'ébauche dès qu'on sort de la chimie et qu'on aborde l'étude des principes immédiats. Ils n'y sont, il est vrai, qu'à l'état d'ébauche, mais nous les verrons aller se développant toujours; nous les verrons devenir de plus en plus prononcés à mesure qu'on arrive à des parties du corps moins simples que les principes immédiats; à des parties qui en sont composées d'abord comme les éléments anatomiques, puis à celles qui sont constituées par ceux-ci comme les tissus, et ainsi de suite en arrivant à des parties plus complexes encore.

Ces caractères organiques reposent sur la connaissance des faits chimiques de dissolution, de combinaison proprement dite, etc. Ils sont sous leur dépendance; ils reposent sur eux, mais ne peuvent leur être superposés et rentrer en eux, ni s'en déduire; il est impossible de les confondre ni de les assimiler avec eux. Ils présentent, en effet, un degré de complication de plus, caractérisé par le nombre considérable des

principes qui sont réunis, ce qui entraîne l'instabilité de l'union ; à son tour, l'*instabilité* permet le déplacement et le remplacement facile des principes réunis pour former la substance du corps : voilà pour le côté dynamique, celui qui caractérise la vie. Et le *nombre considérable* de ces principes permet que l'un se décompose et se recompose sans que par là soit entraînée la dislocation de toutes les parties réunies : voilà pour le côté statique, celui qui *caractérise l'organisation.*

Voilà les conditions qui font qu'arrivé à ce degré de complication, il faut étudier ces faits en eux-mêmes pour ce qu'ils sont, comme un ordre à part qu'ils constituent réellement, et non comme un ordre de faits purement chimiques ou pouvant s'en déduire comme corollaires; car ils ne leur sont plus assimilables. Ainsi, nous voyons d'une manière nette et précise ce qu'il y a à étudier dans les principes immédiats faisant partie de l'organisme. Ces faits peuvent ne pas paraître clairs quand on les aborde pour la première fois avec des idées principalement chimiques, c'est-à-dire inorganiques, sans avoir manié et remanié la matière organique sous tous les aspects; mais ils le deviendront davantage par l'ensemble des chapitres suivants, aussi bien ceux qui se rapportent au *procédé* que ceux qui concernent les principes en particulier.

Ce sont là autant d'ordres de caractères statiques différents, au nombre de cinq, qu'il faut étudier d'abord dans ce qu'ils présentent de commun à tous les principes pris en général. Ce sera le sujet d'un *premier article* dans ce chapitre. Il faudra ensuite examiner les particularités que présentent ces caractères suivant les sexes, les âges, les états morbides, etc. (voyez *Prolégomènes*, p. 6), des êtres qui ont fourni l'espèce de principe dont on fait l'histoire. Ce sera le sujet du *deuxième* et dernier article du chapitre premier.

105. — Cette coordination des caractères qu'il faut étudier toutes les fois qu'ils existent est une conséquence nécessaire et naturelle de ce fait, le plus général que présente l'étude des corps organisés ou non, savoir : que les phénomènes les plus

élevés et les plus compliqués, les moins généraux, sont dominés par les phénomènes les plus simples, les moins élevés, les plus généraux. C'est la première loi naturelle à laquelle il faille de toute nécessité satisfaire. Maintenant, outre que cette coordination satisfait à cette nécessité et précisément par ces raisons, elle présente de nombreux avantages. D'abord elle conduit, dans l'observation et les descriptions, à ne rien oublier toutes les fois qu'on l'a présente à l'esprit. D'autre part, elle permet d'attribuer une valeur exacte à tous les faits observés, puisqu'ils sont jugés comparativement, les plus simples par rapport aux plus complexes, ou réciproquement. Elle apprend ensuite à tenir compte et à apprécier exactement aussi tous les matériaux utiles accumulés par nos prédécesseurs, sans en omettre aucun. Accumulés sans ordre, faute de méthode qui pût en donner un et permettre d'abandonner les caractères qui sont peu importants, il en est résulté beaucoup de longueur et de difficulté à les retenir. Pouvant saisir leur importance et leur valeur comme application, cette coordination permet maintenant de donner à l'étude de chaque caractère les développements qui lui sont nécessaires et à n'en pas trop donner, en sorte qu'on peut les décrire tous dans de justes limites.

ARTICLE PREMIER.

EXAMEN DES CARACTÈRES DES PRINCIPES IMMÉDIATS EN GÉNÉRAL.



I. — CARACTÈRES D'ORDRE MATHÉMATIQUE.

1. — Nombre.

106. — Nous avons vu, en traitant de la composition chimique du corps des animaux dans l'introduction de cet ouvrage, quel était le nombre des éléments chimiques ou corps simples qui le composent. Ce sont les éléments médiats ou éloignés du corps. Il a été établi alors que tous ces corps simples

se trouvent d'ailleurs dans les *milieux* solides, liquides ou gazeux qu'habitent les êtres vivants, et qu'il n'y en a pas un qui soit exclusivement propre au règne organique, c'est-à-dire qu'on ne trouve que dans les êtres organisés et nullement dans les corps bruts. Ainsi, tous les corps simples que possèdent les êtres vivants sont empruntés par eux au règne minéral, aux milieux destinés à leur fournir des matériaux absorbables et à recevoir leurs exhalations. Ils les empruntent et les rendent tous, et n'en créent pas. De là cette dépendance de la biologie envers la cosmologie. C'est là un fait général acquis à la science. Il n'y a de particulier que la prédominance de quatre d'entre eux, en quantité, sur tous les autres, au nombre de dix-huit, lesquels ne sont vraiment qu'accessoires, quoique indispensables. Ces quatre corps sont : l'oxygène, l'hydrogène, l'azote et le carbone. Ils prédominent aussi bien dans les plantes que chez les animaux, si ce n'est toutefois que l'azote l'emporte chez ceux-ci, et le carbone chez les premiers (1).

Mais ces vingt-deux corps simples, ou principes *médiats*, qui constituent les parties solides ou liquides d'un être organisé, ne sont jamais isolés (2). Ils sont à l'état de composés plus ou moins compliqués, qui sont les *principes immédiats* dont nous parlons.

107. — Les principes immédiats sont au nombre de quatre-vingt-cinq à quatre-vingt-dix dans le corps humain, et de quatre-vingt-dix à cent en considérant l'ensemble des mammifères.

Ce nombre ne peut pas être fixé d'une manière absolue présentement, pour deux raisons. En premier lieu, il est probable qu'on en découvrira quelques uns encore, car les corps connus sous les noms d'*extraits de viande*, *solubles ou non dans l'alcool*, sont maintenant reconnus pour être constitués par divers principes altérés, appartenant soit à des espèces

(1) Ch. Robin, *Du microscope et des injections, etc.;* Paris, 1849, in-8, 2e partie, 2e section, chap. I et II.

(2) Chevreul, *loc. cit.*, 1824, p. 4.

déjà connues, soit à des espèces qu'il reste encore à isoler. En second lieu, parmi les corps décrits comme principes immédiats, il en est quelques uns dont l'existence n'est que douteuse, tels sont : le *fer*, la *silice*, et plusieurs matières grasses du cerveau, etc. Les uns sont probablement le résultat de la décomposition d'un principe immédiat dont la nature réelle est encore inconnue (silice, fer) ; les autres ne sont sans doute que des mélanges de diverses espèces de principes.

En troisième lieu, nous ne donnons pas la diastase animale, la pepsine, etc., comme des principes immédiats, parce que les matières qui ont été désignées sous ces noms ne sont pas des principes bien déterminés comme espèces ; ce sont, ou des espèces de substances azotées ayant subi un certain degré d'altération au contact de l'air, etc., ou même des mélanges de plusieurs substances. La gastérase est la même matière que la pepsine appelée d'un autre nom par quelques auteurs.

Nous avons déjà dit que le *livre quatrième* de cet ouvrage contiendrait l'histoire des diverses matières dont l'existence comme principe n'est pas réelle, et de ceux qui ne doivent être considérés comme tels qu'avec doute.

108. — Les principes immédiats dont l'existence est bien déterminée, sont :

1. Oxygène.
2. Hydrogène.
3. Azote.
4. Acide carbonique.
5. Hydrogène protocarboné.
6. Hydrogène sulfuré.
7. Sulfhydrate d'ammoniaque.
8. Eau.
9. Silice.
10. Chlorure de sodium.
11. Chlorure de potassium.
12. Chlorhydrate d'ammoniaque.
13. Fluorure de calcium.
14. Carbonate d'ammoniaque.
15. Bicarbonate d'ammoniaque.
16. Carbonate de chaux.
17. Bicarbonate de chaux.
18. Carbonate de magnésie.
19. Carbonate de potasse.
20. Bicarbonate de potasse.
21. Carbonate de soude.
22. Bicarbonate de soude.
23. Sulfate de potasse.
24. Sulfate de soude.
25. Sulfate de chaux.
26. Phosphate neutre de soude.
27. Phosphate acide de soude.
28. Phosphate de potasse.
29. Phosphate basique de chaux.
30. Phosphate acide de chaux.
31. Phosphate de magnésie.
32. Phosphate ammoniaco-magnésien.
33. Acide lactique.
34. Lactate de potasse.

35. Lactate de soude.
36. Lactate de chaux.
37. Oxalate de chaux.
38. Acide urique.
39. Urate de potasse.
40. Urate de soude.
41. Urate acide de soude.
42. Urate de chaux.
43. Urate d'ammoniaque.
44. Urate de magnésie.
45. Acide hippurique.
46. Hippurate de chaux.
47. Hippurate de soude.
48. Hippurate de potasse.
49. Inosate de potasse.
50. Acide pneumique.
51. Pneumate de soude.
52. Acide lithofellinique.
53. Taurocholate de soude.
54. Hyocholinate de soude.
55. Glykocholate de soude.
56. Urée.
57. Allantoïdine.
58. Cystine.
59. Créatine.
60. Créatinine.
61. Sucre de diabète.
62. Sucre de lait.
63. Acide stéarique.
64. Acide margarique.
65. Acide oléique.
66. Oléate de soude.
67. Margarate de soude.
68. Stéarate de soude.
69. Sels de soude ou de potasse à acides gras volatils.
70. Cholestérine.
71. Séroline.
72. Oléine.
73. Margarine.
74. Stéarine.
75. Stéarérine (suint de mouton).
76. Élatérine (*id.* Chevreul).
77. Butyrine.
78. Hircine.
79. Cétine.
80. Phocénine.
81. Fibrine.
82. Albumine.
83. Albuminose.
84. Caséine.
85. Pancréatine.
86. Mucosine (plusieurs variétés).
87. Musculine.
88. Globuline.
89. Ostéine ou osséine.
90. Cartilagéine.
91. Kératine.
92. Cristalline.
93. Hématosine.
94. Biliverdine.
95. Mélanine.
96. Urrosacine.

2. — Situation.

109. — Il n'est aucun principe qui soit caractérisé par la situation qu'il occupe dans l'organisme, tandis que souvent, dans l'étude des autres parties du corps, ce caractère est très important.

Les principes dont la composition chimique est définie peuvent se rencontrer dans toutes les régions de l'organisme, dans tous les solides et tous les liquides ; le sang contient une certaine proportion de presque tous les principes. Les autres humeurs et les solides, quoique renfermant toujours un certain nombre d'entre eux, ne contiennent jamais de toutes les espèces : mais il en existe souvent un ou deux qui s'y rencontrent plus spécialement, comme le choléate de soude dans

la bile, l'inosate de potasse dans les muscles, avec la créatine, la créatinine; d'autres, quoique se trouvant un peu partout, dominent dans certaines parties, comme le chlorure de potassium dans les muscles, etc.

La situation des principes immédiats dans l'économie n'est, par conséquent, pas indifférente à connaître. La présence des principes cristallisables dans toutes les parties quelconques de l'organisme nous conduira plus tard à reconnaître qu'ils sont des conditions d'existence de la substance propre des éléments anatomiques, des conditions d'accomplissement, des actes de ces agents: les uns directement, ce sont ceux qui sont venus du dehors, qui sont identiques par leur composition avec les corps d'origine minérale; les autres indirectement, ce sont ceux qui se sont formés dans l'économie, qui ne sont pas identiques par la composition avec les premiers. La prédominance spéciale du chlorure de potassium dans les muscles, et d'autres sels d'origine minérale dans des parties d'ordres différents, nous apprennent que tous les sels ne peuvent pas être indifféremment condition d'existence pour toutes les parties de l'économie, tissu musculaire, nerveux, fibreux, etc., sans quoi un ou deux principes salins suffiraient. Au contraire, chacun a en quelque sorte son principe qui lui est propre, qui lui est nécessaire, et qui, pour les autres, est indifférent ou ne remplit qu'un rôle très général.

Quant aux autres principes immédiats, ceux qui ne sont pas cristallisables, dont la composition chimique est indéfinie, on les trouve chacun dans tel ou tel solide, et souvent ils le caractérisent, le constituent essentiellement, quoique les autres en soient pourtant des parties constituantes indispensables. Telle est la musculine dans les muscles, l'ostéine dans les os, la fibrine et l'albumine dans le sang, et accessoirement dans quelques autres solides et humeurs, etc.

110. — Ces principes, quels qu'ils soient, du reste, ne sont jamais seuls dans une partie quelconque du corps, c'est-à-dire que jamais un principe ne forme un tissu, une humeur à lui

seul, si ce n'est pathologiquement. Au contraire, il se trouve toujours mélangé ou combiné à d'autres, soit de même nature, comme on le voit pour les huiles et les graisses, soit de nature différente, comme l'ostéine avec le phosphate de chaux dans les os. C'est de ce mélange dans chaque tissu qu'il s'agit de les retirer pour les étudier isolément, comme on le fait pour les minéraux extraits des couches du globe.

3. — Volume.

111. — Chaque principe concourt pour sa part à constituer la *masse* du corps et celle de chacune de ses parties, mais nul ne la forme à lui seul. L'un d'entre eux toutefois, l'eau, constitue pour sa part la majeure partie de cette masse.

Il faut observer, une fois pour toutes, que le corps entier, pris comme un tout, est supposé connu ainsi que ses parties, et que nous leur comparons la quantité et les autres caractères des principes immédiats; qu'en un mot, nous procédons du composé au simple, du connu à l'inconnu. L'organisme est pris habituellement comme unité de comparaison pour les principes en général; et dans les descriptions des principes en particulier, la masse de chaque principe est comparée aux diverses parties du corps. La masse ou autre caractère de chaque principe immédiat étant pris d'une manière absolue ne conduirait à aucun résultat utile.

4. — Forme.

112. — Le carbonate de chaux est le seul principe immédiat qui se rencontre normalement dans l'économie avec une forme qui lui soit propre : c'est la forme cristalline spéciale à ce composé qu'il présente. C'est dans l'otoconie et quelquefois dans l'épaisseur du bord des valvules auriculo-ventriculaires qu'il offre ces caractères.

Les autres principes immédiats ne présentent habituellement jamais la forme cristalline; s'ils la présentent, ils caractérisent au degré de simplicité le plus grand qu'on puisse concevoir l'état dit anormal ou pathologique (dépôts d'acide

urique, de cholestérine, d'oxalate, de phosphate ou carbonate de chaux, etc.). La formation de ce dépôt indique une modification particulière des phénomènes continus de composition et de décomposition dans les tissus et humeurs où les cristaux se déposent. Ce dépôt devient souvent à son tour cause de douleur et autres phénomènes qui reçoivent les noms de *phénomènes morbides* ou *pathologiques*. Ceux-ci, considérés au point de vue de la recherche de l'état particulier qui en est la condition d'existence, prennent le nom de *symptômes*. Le dépôt reçoit, d'une manière générale, les noms de *lésion anatomique*, *produit* ou *production morbide*, *pathologique* ou *anatomo-pathologique*. On donne le nom de *calculs* à ceux de ces dépôts cristallins qui ont un volume assez considérable, ou même d'une manière générale à la plupart d'entre eux, quel que soit leur volume. S'ils sont nombreux, on leur donne souvent le nom de *graviers* ou de *sable*, *dépôt sablonneux*, quand ils ont l'aspect et le volume des corps que ces mots désignent.

Ce sont les premiers faits d'*anatomie pathologique* que nous ayons à signaler; ce sont aussi les plus simples et les plus généraux, qui exigent les conditions les moins complexes pour qu'ils se produisent, ainsi que le montre la facilité avec laquelle, sous les moindres influences, ils se forment.

113. — Il y a cependant, outre le cas de carbonate de chaux de l'otoconie, des circonstances non morbides dans lesquelles quelques principes immédiats se présentent dans l'économie avec une forme bien déterminée : tel est le carbonate de chaux de l'urine du cheval et des enfants, qui se présente en masses cristallines arrondies à l'état normal; tels sont encore quelquefois l'oxalate de chaux des urines, l'acide urique, qui dans certaines conditions physiologiques se présentent cristallisés. Si donc les principes immédiats ne se présentent pas en général dans l'économie sous forme cristalline, ce n'est par conséquent pas qu'ils ne puissent en présenter une bien déterminée quand ils sont isolés, quand ils ont été retirés des parties qu'ils concourent à former. On observe, au contraire, quand ils sont

placés dans des conditions convenables, que beaucoup d'entre eux sont cristallisables. S'ils ne cristallisent pas, cela tient aux conditions complexes de température, mélange et dissolutions dans lesquelles ils sont placés dans l'économie.

On peut, par divers procédés qui seront exposés plus loin, amener un certain nombre de principes immédiats, mais non pas tous, à cristalliser. Ceux qui cristallisent suivent en tous points les mêmes lois cristallographiques qu'on étudie sur les composés d'origine minérale. Il n'y a donc là rien de nouveau, et l'étude de la forme de chacun de ces composés, telle qu'elle est faite en chimie, nous suffira, par conséquent, pour les distinguer les uns des autres sans qu'il soit nécessaire d'en traiter ici. Il n'y a de plus que quelques variations de forme, plus fréquentes que sur les composés d'origine minérale, mais elles sont en rapport avec la composition complexe des principes dont il s'agit; elles sont en rapport avec les conditions compliquées dans lesquelles ont lieu ordinairement les cristallisations. Ces variétés de conformation dérivent des formes types et s'y rattachent par des transitions ordinairement faciles à reconnaître. Nous serons néanmoins, au chapitre des procédés d'extraction, obligés de reprendre une partie de la question, faute de la trouver suffisamment développée dans les traités de chimie.

114. — Les principes immédiats qui sont susceptibles de cristalliser sont les suivants :

1. Eau.
2. Chlorure de sodium.
3. Chlorure de potassium.
4. Chlorhydrate d'ammoniaque.
5. Carbonate de chaux.
6. Carbonate d'ammoniaque (n'a pas encore été retiré cristallisé de l'économie).
7. Bicarbonate d'ammoniaque (même remarque).
8. Carbonate de magnésie (même remarque).
9. Carbonate de potasse.
10. Bicarbonate de potasse.
11. Carbonate de soude.
12. Bicarbonate de soude.
13. Sulfate de potasse.
14. Sulfate de soude.
15. Sulfate de chaux (n'a pu encore être retiré à l'état cristallin).
16. Phosphate neutre de soude.
17. Phosphate acide de soude.
18. Phosphate de potasse.
19. Phosphate basique de chaux (même remarque qu'au sulfate de cette base).
20. Phosphate acide de chaux.
21. Phosphate de magnésie.
22. Phosphate ammoniaco-magnésien.
23. Lactate de chaux.
24. Acétate de soude.
25. Acide urique.
26. Urate de potasse.
27. Urate de soude.

28. Urate de chaux.
29. Urate de magnésie.
30. Urate d'ammoniaque.
31. Acide hippurique.
32. Hippurate de chaux.
33. Oxalate de chaux.
34. Urée.
35. Allantoïdine.
36. Cystine.
37. Acide pneumique.
38. Leucine.
39. Créatine.
40. Créatinine.
41. Acide stéarique.
42. Acide margarique.
43. Choléate de soude.
44. Glycocholate de soude.
45. Cholestérine.
46. Oléine.
47. Margarine.
48. Stéarine.
49. Cétine.
50. Sucre de diabète.
51. Sucre de lait.

115. — Nous avons indiqué plus haut que tous les principes immédiats ne cristallisent pas. Parmi ceux qui ne cristallisent pas, plusieurs sont liquides, volatils, sans décomposition, ainsi que nous verrons plus loin, ou cristallisent par congélation : l'eau, par exemple; d'autres n'ont encore pu être obtenus cristallisés, quoique de composition définie : tels que l'acide lactique, le lactate de potasse, etc.; il en est d'autres enfin qui ne sont ni cristallisables ni volatils sans décomposition. Ces derniers reçoivent spécialement le nom de *substances organiques*. Ce sont là autant de caractères qui, réunis à ceux tirés de la volatilité, de la composition et de l'origine des principes immédiats, servent à les classer en différents groupes, qui, étudiés d'abord en général, simplifient beaucoup l'histoire de chacun d'eux en particulier.

Les principes non cristallisables, autres que ceux dont nous venons de parler, sont :

1. Albumine.
2. Fibrine.
3. Caséine.
4. Globuline.
5. Albuminose.
6. Pancréatine.
7. Musculine.
8. Ostéine ou osséine.
9. Élasticine.
10. Kératine.
11. Cartilagéine.

116. — La forme du corps n'est jamais due à tel ou tel principe immédiat, mais à tous ensemble. Ce n'est que plus tard, en arrivant à un ordre de considérations anatomiques bien plus élevées en complication, bien plus spéciales en disposition extérieure, *les systèmes*, que nous verrons de tel ou tel d'entre eux dépendre plus ou moins la forme du corps, qui au fond dépend à la fois de toutes les partie de l'organisme,

depuis les éléments anatomiques jusqu'aux appareils et aux membres.

5. — Durée.

117. — Une fois les principes introduits ou formés dans le corps, ils peuvent y demeurer, y durer plus ou moins longtemps. Mais un caractère propre à la plupart des principes immédiats, cristallisables, c'est de ne séjourner jamais longtemps dans l'économie. Les uns ne font qu'y passer, ils en sortent tels qu'ils y entrent; ceux-ci tirent origine du règne minéral, comme l'eau, les sulfates, etc. D'autres se forment dans l'économie et en sont bientôt rejetés; ils ne s'y accumuleraient même pas, au delà d'une certaine quantité, sans devenir nuisibles par leur séjour (urée, créatine, etc.). D'autres enfin durent autant que le corps, en renouvelant sans cesse les matériaux qui les composent: telles sont, l'albumine, la fibrine, etc. Ils sont ainsi en voie continuelle de composition d'une part, et de décomposition de l'autre. Ces principes durent donc autant que l'économie, qu'ils constituent essentiellement; tandis que les autres, ou du moins certains d'entre eux, peuvent n'avoir dans l'économie qu'une durée limitée, une existence transitoire. C'est ce qui caractérise d'une manière spéciale quelques principes que nous décrirons sous le nom de *principes accidentels* ou *transitoires*.

Remarquons, dès à présent, que ces caractères et quelques uns de situation nous serviront plus tard à classer les principes immédiats. Nous verrons ainsi successivement, à propos de chaque ordre de caractères des principes, apparaître, et prendre du développement, ceux qui serviront plus tard à les classer. Il faut les signaler successivement en passant, pour les reprendre ensuite dans le chapitre qui traitera de leur classification.

II. — CARACTÈRES D'ORDRE PHYSIQUE.

1. — État.

118. — Parmi les principes immédiats, les uns sont alternativement gazeux et liquides, ou *vice versâ* : tels sont, l'oxy-

gène, l'acide carbonique, l'azote, l'hydrogène, l'hydrogène protocarboné, l'hydrogène sulfuré, le carbonate d'ammoniaque; d'autres sont toujours liquides : tels sont, le chlorure de sodium et autres sels solubles dans l'eau, l'urée, la créatine, la créatinine, etc., la fibrine, l'albumine, l'albuminose, la caséine, etc.; d'autres sont alternativement liquides et solides, ou *vice versâ :* tels sont, les phosphates des os et les carbonates, pour l'état normal; l'acide urique, plusieurs urates et quelques autres, dans certains cas morbides.

Il en est enfin qui présentent des caractères qu'on ne retrouve nulle part dans le règne inorganique : c'est un état demi-solide, spécial, qu'ils doivent du reste à leur réunion à d'autres principes plutôt qu'il ne leur est propre; état qui appartient plutôt à la substance du corps qu'aux principes pris isolément. Les principes qui sont dans ce cas sont : la musculine, l'élasticine, etc.

2. — Poids.

119. — La masse de chaque principe dans l'économie représente un certain poids dont il faudrait donner la liste pour tous les principes comparativement, si le calcul en était fait; mais tout est encore à déterminer sous ce rapport, comme nous l'avons vu déjà pour la masse cubique.

3. — Action physique des agents physiques.

120. — Dans l'état de température habituelle du corps, les principes immédiats sont fixes pour la plupart. Quelques uns cependant sont volatils : tels sont l'eau et quelques principes qu'on trouve dans la sueur de diverses espèces animales. L'élévation de la température favorise le phénomène qui se manifeste avec les mêmes caractères que sur les principes d'origine minérale ou artificielle. Il est modifié toutefois par les conditions complexes où se trouvent ces divers principes : comme, par exemple, l'évaporation de l'eau et des artères est modifiée quand on les mélange à d'autres corps d'origine minérale ou non. Les principes immédiats volatils sans décomposition sont :

1. Oxygène.	5. Hydrogène protocarboné.
2. Hydrogène.	6. Hydrogène sulfuré.
3. Azote.	7. Eau.
4. Acide carbonique.	8. Carbonate d'ammoniaque.

121. — L'abaissement de la température modifie le phénomène d'une manière correspondante ; il détermine, de plus, la solidification d'un certain nombre de principes. Il suffit qu'elle descende de 5 à 10 degrés pour que les principes des substances graisseuses deviennent solides, de liquides qu'ils étaient. En portant plus loin le refroidissement, l'eau se solidifie à son tour. Il faut porter ici l'abaissement de 3 à 5 degrés au-dessous de zéro, en raison des substances qu'elle tient en dissolution; mais le phénomène se passe encore absolument de la même manière qu'on le voit en physique. Les conditions dans lesquelles il a lieu étant seulement plus compliquées, le phénomène est modifié d'une manière corrélative ; mais il est important de remarquer qu'il n'y a là encore aucun phénomène d'ordre nouveau, d'ordre différent de ceux offerts par les corps étudiés en cosmologie.

Tous les autres principes immédiats ne sont pas volatils sans décomposition. Ceux qui en même temps ne sont pas cristallisables ou ne forment pas des combinaisons cristallisables avec d'autres composés sont appelés *substances organiques*. Ce sont :

1. Fibrine.	7. Caséine.
2. Albumine.	8. Osséine ou ostéine.
3. Albuminose.	9. Globuline.
4. Pancréatine.	10. Cartilagéine.
5. Musculine.	11. Kératine.
6. Élasticine.	12. Mucosines (nombreuses variétés).

Ce sont là autant de caractères que nous aurons à prendre en considération lorsqu'il s'agira de classer les principes immédiats.

122. — Remarquons dès à présent que de même que la durée et la forme du corps ne tiennent spécialement à aucun principe immédiat en particulier, mais bien à tous ensemble, de même aussi nous ne pouvons spécialement attribuer ici à nul d'en-

tre eux ni la *couleur*, ni la *température*, ni même la *densité* du corps ou de l'une quelconque de ses parties. Cette coloration, nous devrons l'étudier en elle-même pour chacune des parties tant solides que liquides de l'organisme, comme nous l'avons fait pour le corps entier. La couleur des pigments, celle des muscles et de beaucoup d'autres tissus et humeurs, c'est à l'union, à la combinaison spéciale de certains principes les uns avec les autres qu'elle est due, comme celle du bi-iodure de mercure est due à la combinaison de l'iode et du mercure. Si l'on excepte peut-être les globules du sang, nulle coloration spéciale d'un liquide ou d'un solide de l'organisme n'est due à un principe immédiat colorant, nettement déterminé comme espèce. Quant à la densité du corps, quoique la quantité d'eau qu'il renferme influe beaucoup sur elle, ce n'est pas à ce principe seul qu'elle est due, et elle doit être étudiée en elle-même en ce qu'elle est, sans qu'on puisse la déduire de la densité d'aucun principe immédiat que ce soit.

III. — CARACTÈRES D'ORDRE CHIMIQUE.

123.— Dépourvus de forme, généralement distribués dans toute l'économie, ordinairement liquides ou demi-solides, sans coloration qui leur soit propre, les principes immédiats, pris dans l'organisme, ne conservent qu'un petit nombre des caractères d'ordres mathématique et physique que nous supposons avoir déjà été étudiés, sur ces corps pris isolément, comme composés chimiques quelconques. Nous avons vu ailleurs (1) qu'il faut sur tout corps étudier : 1° quelle peut être sur lui l'influence chimique des agents physiques ; 2° celle des corps autres que lui-même qui sont déjà connus ; 3° par cette étude on est conduit à déterminer quelle est sa composition immédiate : par exemple, s'il est composé d'acide phosphorique et de soude; 4° de là on déduit sa composition élémentaire ou

(1) *Prolégomènes*, p. 6. — CH. ROBIN, *Tableaux d'anat. conten. l'exposé de toutes les parties à étudier dans l'organisme de l'homme et des animaux.* Paris, 1850, in-4, 1er tableau.

médiate, savoir, que ce corps est formé d'oxygène, phosphore et sodium.

Ayant précédemment (1) étudié le corps tout entier sous ces différents points de vue, nous avons été amenés à reconnaître qu'il est composé de principes immédiats, et ceux-ci d'éléments qui ont été déterminés chimiquement. C'est l'analyse anatomique, ou par *isolement progressif*, de l'organisme entier en parties diverses, qui nous a fait connaître le nombre des principes immédiats véritables, c'est-à-dire ceux en lesquels se subdivisent immédiatement la substance des éléments anatomiques et les humeurs. Mais il ne s'agit pas, et il ne doit jamais s'agir ici de leur analyse chimique ou décomposante qui en détermine les éléments simples. C'est sur les principes extraits anatomiquement que les chimistes doivent opérer ainsi, et non sur la substance des tissus; c'est sur eux qu'ils doivent étudier les propriétés chimiques qu'ils ont en commun avec les corps bruts. Mais ce ne sont pas ces caractères-là que nous devons étudier; il s'agit ici, au contraire, de voir quels sont les caractères chimiques que ces principes conservent dans l'économie. Les faits principaux qui se rapportent à cette étude chimique, tant statique que dynamique, des composés qui sont principes immédiats (faits qu'on met à profit dans les procédés employés pour les extraire du corps, pour les distinguer les uns des autres, et arriver à la connaissance précise des tissus et des humeurs), seront développés plus loin dans les limites de ce qui est nécessaire à la suite de ce livre.

1. — Action chimique des agents physiques sur les principes immédiats.

124. — Pris dans l'organisme et soumis à l'influence de ces agents, les principes immédiats présentent divers phénomènes qui demandent à être étudiés sur chacun d'eux pris isolément, avant de prendre en considération le fait

(1) *Prolégomènes*, p. 6. — CH. ROBIN, *loc. cit.* Paris, 1850, in-4, tabl. 1 à 10.

d'un manière générale dans l'accomplissement de chaque fonction.

125.—1° *Action de la lumière.*— Peu étudiée chez les animaux, et moins nette que chez les plantes, cette influence est pourtant manifeste. Dans le règne végétal, la lumière décompose l'acide carbonique qui s'y trouve placé dans des conditions encore mal déterminées, mais probablement dissous dans la matière verte de la chlorophylle. Chez les animaux, le même fait se passe sur les *Euglena viridis* et quelques autres infusoires ainsi colorés ; selon toute probabilité, l'acide carbonique s'y trouve aussi dissous dans la matière verte. On ne sait pas encore quels sont les principes immédiats qui se combinent ensemble sous l'influence de la lumière pour donner naissance aux granulations pigmentaires et autres formes des éléments pigmentaires. On sait, par conséquent, encore bien moins que dans les plantes, quelles sont les conditions dans lesquelles les principes qui se combinent sous l'influence de cet agent se trouvent placés dans l'économie.

126.—2° *Action de la chaleur*. D'une manière générale, l'élévation de la température favorise les actes de combinaison et de décombinaison des principes immédiats, quand elle ne dépasse pas certaines limites. On ne sait pas encore s'il y a quelque principe immédiat qui manifeste plus spécialement que d'autres cette action. Son abaissement ralentit ces phénomènes et finit par les faire cesser quand elle dépasse certains degrés. C'est qu'en effet, quand il est porté jusqu'à solidification de l'eau, ce principe immédiat se sépare des autres principes auxquels il était combiné par simple dissolution ou autrement.

127. — Si l'on élève la température, les principes immédiats présentent un grand nombre de phénomènes. Nous avons déjà parlé des principes qui, étant volatils, ne présentent pas d'autre phénomène que celui d'évaporation ; il est donc inutile d'y revenir.

Des autres principes les uns sont décomposés, se détruisent ; ils sont réduits en leurs éléments chimiques ou corps simples,

ou bien ramenés à l'état de composés beaucoup plus simples, plus fixes et sans identiques dans la nature tant organique qu'inorganique, ou bien analogues à ceux de ce dernier ordre. Telles sont l'albumine, la fibrine du sang ou des tissus qui donnent naissance à de l'acide carbonique, à du carbonate d'ammoniaque et à diverses huiles empyreumatiques, etc. La créatine, l'urée, l'acide urique, présentent des phénomènes semblables, ou à une température moins élevée donnent naissance à d'autres principes plus ou moins analogues à eux. Tous les principes non cristallisables, tous ceux qui sont cristallisables et se forment dans l'organisme, le carbonate d'ammoniaque, celui de chaux et le phosphate ammoniaco-magnésien, sont décomposables par l'élévation de température.

Mais il est des principes qui ne se décomposent pas, et leur comparaison avec les composés du règne minéral fait reconnaître qu'ils leur sont en tout semblables. Tels sont l'eau, le chlorure de sodium, de potassium, plusieurs sulfates et ceux des autres principes qui ne sont pas désignés dans la phrase précédente. Les principes qui se décomposent diffèrent tous de ceux du règne minéral sous quelques rapports, tels que déjà cette instabilité, une composition plus complexe, etc.

128.— Voici par conséquent encore un caractère dont nous tirerons parti plus tard pour classer les principes immédiats. Ils se divisent dès à présent en deux groupes : ceux qui en général ne se décomposent pas par la chaleur, ou ne se décomposent qu'à une température très élevée, que nous verrons tous venir du règne inorganique ou différer fort peu des composés qui en dérivent; puis viennent ceux qui se décomposent tous facilement. Nous les verrons tous naître dans les corps organisés : ce sont les principes dits d'*origine organique.*

129. — Il n'est du reste pas nécessaire de pousser si loin l'élévation de température pour voir s'effectuer des phénomènes de ce genre. Ainsi la chaleur coagule l'albumine et lui empêche de se redissoudre dans l'eau ; elle empêche à la fibrine de se gonfler de nouveau dans ce liquide après avoir été desséchée,

ce qu'elle fait pourtant quand elle n'a pas encore subi l'altération connue sous le nom de *coction*. Voilà un premier genre d'altération que subissent rapidement les principes non cristallisables, ceux qui sont connus sous le nom de *substances organiques*.

130.—Il est un autre genre de modifications chimiques que peuvent subir par la chaleur, dans les tissus, après la mort, les principes mieux définis, cristallisables, comme ils la subissent quand ils sont retirés de l'économie. Ce sont le dédoublement et des transformations isomériques. Très fréquentes sur les principes végétaux, elles le sont beaucoup moins sur les principes animaux; mais on voit encore l'acide hippurique se décomposer et se transformer, sous de pareilles influences, en acide benzoïque et en glycocolle. C'est ce phénomène ayant lieu pendant l'extraction des principes de l'urine qui a fait croire longtemps que l'urine des herbivores contenait de l'acide benzoïque; c'est la facilité avec laquelle l'acide choléique du choléate de soude subit des dédoublements analogues qui a pendant longtemps jeté tant d'obscurité sur l'histoire des principes de la bile. Prévenu qu'on est actuellement de ces faits, les procédés d'extraction sont institués en conséquence, de manière qu'on puisse retirer les principes tels qu'ils existaient avant les opérations de l'analyse, qui prend alors le cachet de l'analyse anatomique.

131.— Ainsi encore jusqu'à présent il n'y a rien là d'essentiellement différent de ce qui se passe dans la matière brute. Ce sont des actions chimiques de décomposition d'un composé avec formation d'un ou de deux autres plus simples, semblables à celles qui ont lieu sous les mêmes influences dans les composés artificiels ou les composés naturels minéraux. Il y a des différences, mais ce sont des différences dans les modes d'altération, dans leurs degrés; elles ne sont pas sans analogues et sont en rapport direct avec les propriétés et le nombre des éléments qui constituent chaque principe. Il n'y a pas là de différence dans la nature des phénomènes qui ont lieu ; ce sont encore des phénomènes chimiques.

132. — 3° *Action chimique de l'électricité.* Par l'élévation de température qu'elle produit, elle agit comme la chaleur. Mais elle a de plus une action spéciale, qui est précisément très manifeste sur les principes qui sont indécomposables par la chaleur. Ainsi elle décompose les sels d'origine minérale, les chlorures, les sulfates, etc.; elle sépare la base de l'acide, ainsi qu'on le voit en implantant des aiguilles en communication avec les pôles de la pile, dans des muscles ou dans un vaisseau sanguin. L'acide se porte au pôle positif et l'alcali au pôle négatif.

L'acide, devenu libre, agit à son tour sur les principes d'origine organique, comme la fibrine, l'albumine, etc.; mais on ne sait pas encore si l'électricité a une action sur ces corps analogue à celle dont nous venons de parler; seulement les expériences, telles qu'elles ont été faites jusqu'à présent, tendent à faire croire que cette influence est nulle; elles ont du reste été peu variées. Ici encore les actions chimiques produites sous l'influence de l'agent sont les mêmes que dans le laboratoire. Le phénomène se passe de la même manière, le résultat est le même. Il n'y a non pas trace de cette influence d'un agent vital qui, pour les fauteurs des entités de toutes sortes, devrait venir mettre obstacle à ce que l'action se passe autrement que ce que nous voyons avoir lieu dans le règne minéral; autrement que ce qu'on doit attendre des conditions nouvelles dans lesquelles est placé le principe sur lequel on expérimente. S'il y a des différences d'intensité, ou quelques particularités qui soient masquées, ces différences correspondent encore au milieu complexe, au nombre d'influences diverses qui interviennent durant l'action de l'agent nouveau, électrique ou autre, qu'on met en usage.

2. — Conditions d'actions chimiques que présentent les principes immédiats.

a. Phénomènes de dissolution que présentent les principes immédiats.

133. — Nous avons vu qu'il y a dans l'économie des prin-

cipes immédiats qui sont gazeux, d'autres liquides ; d'autres présentent un état demi-solide tout spécial qu'on ne retrouve nulle part ailleurs que dans les corps organisés ; enfin il en est de tout à fait solides. Parmi les principes gazeux, les uns présentent cet état parce que c'est leur manière d'être, la plus habituelle du moins : tels sont l'azote, l'oxygène ; et ils ne sont pas autres dans l'économie qu'ils ne sont dans l'atmosphère, sauf les quantités relatives. D'autres sont maintenus à l'état de vapeur par la température de l'économie, comme l'eau, qui pourtant est en général liquide. Mais il est de ces principes généralement gazeux qu'on trouve à l'état liquide dans quelques parties des corps, comme l'acide carbonique, l'oxygène du sang, etc. Ce caractère de liquidité qui ne leur est pas le plus habituel, ils le doivent à l'état de dissolution sous lequel ils se présentent dans l'organisme. Ils sont liquides non pas naturellement, mais par dissolution. Or nous avons vu (1) que l'état de dissolution est un mode particulier de combinaison. Il n'y a pas simple contact entre les molécules des corps dissous, mais bien union intime deux à deux, combinaison. Ce point de la question supposé ici, étudié en chimie, est traité plus loin au chapitre du procédé, et nous y renvoyons. Mais l'expérience montre que cette dissolution est toute naturelle, n'a rien qui la distingue des dissolutions étudiées en chimie ; si ce n'est que le liquide dans lequel elle se fait est très complexe. Il contient de l'albumine, des sels en dissolution, des globules en suspension. Or leur présence modifie certainement la dissolution, de manière que ses phénomènes ne correspondent plus exactement à ce qu'on sait du même fait étudié dans l'eau pure. Il en résulte la nécessité de l'étudier en lui-même, en ce qu'il est ; puis d'après cela, d'en déterminer les lois propres, qui, bien que reposant sur les lois chimiques, en diffèrent pourtant : et cependant, si l'on pouvait étudier le phénomène dans ce liquide, séparément sur chacune de ses parties constituantes, on le trouverait

(1) Ch. Robin, *Tableaux d'anatomie*, 1850, in-4, 10e tableau.

partout purement chimique. Ce qui le prouve, c'est qu'il se rapproche d'autant plus des mêmes phénomènes chimiques, qu'on simplifie davantage le liquide, le sang par exemple, en lui ôtant successivement ses globules, sa fibrine, etc.; c'est ainsi que l'oxygène ne se dissout guère plus dans le sérum sanguin que dans l'eau.

Les principes liquides présentent cet état, soit aussi parce que c'est leur manière d'être habituelle : telles sont l'eau du sang, l'oléine, etc... ; soit par dissolution et combinaison avec d'autres principes : tels sont le chlorure de sodium et d'autres sels qui sont dissous dans l'eau, les acides gras du sang qui sont dissous à l'aide de certains sels. Cet état liquide leur permet de devenir à leur tour dissolvants pour d'autres principes. Tels sont les chlorures auxquels nous faisions allusion par rapport à l'albumine, qui est liquide par dissolution. C'est en se dissolvant ainsi mutuellement les uns à l'aide des autres que les principes immédiats constituent les humeurs complexes de l'économie. Nulle part ailleurs que dans les corps vivants on ne trouve des liquides formés d'un aussi grand nombre de principes et présentant des conditions de liquidité aussi compliquées les uns en raison de la présence des autres. Nulle part aussi on ne trouve des combinaisons aussi instables, et cette complication d'une part, cette instabilité qui en résulte d'autre part, sont autant de conditions des phénomènes de nutrition et d'échange réciproque qu'ils présentent. Les résultats de ces phénomènes ne peuvent être prévus, ainsi que le montre l'expérience, parce que trop de substances interviennent, et il est nécessaire de les étudier en eux-mêmes pour arriver à connaître les lois qu'ils suivent. Mais pourtant prenez à part chacun de ces faits de dissolution, chacune de ces combinaisons, et vous les verrez se faisant en tout point d'après les mêmes lois que les mêmes phénomènes déjà étudiés en chimie. L'eau peut être chassée de la même manière, et les sels cristallisent absolument comme s'il s'agissait d'une solution faite dans le laboratoire ; sauf les légères différences de rapidité de la dessiccation,

les modifications de formes cristallines plus nombreuses, dues à la présence de beaucoup de substances en présence l'une de l'autre au moment où se passe le phénomène. Mais on sait qu'en faisant des solutions artificielles très compliquées, on obtient des modifieations des phénomènes d'évaporation et de cristallisation eorrespondantes à eelles-là.

134. — Ainsi nous voyons, chemin faisant, de quelle manière interviennent de nouvelles données dans le problème qu'il s'agit de résoudre, qui est de connaître l'organisation du corps, depuis l'arrangement des parties les plus simples, les plus intimement combinées, comme les prineipes immédiats, jusqu'aux plus compliquées, qui ne sont que continues ou même seulement contiguës les unes avec les autres, eomme les organes et les appareils. Nous voyons aussi déjà dans les humeurs, qui présentent l'état le plus simple d'union réciproque des principes, que ceux-ci ont une composition élémentaire si complexe et qu'ils sont réunis en si grand nombre, que les lois chimiques ne peuvent plus servir à prévoir les actes chimiques qui se passent entre eux, et il faut les étudier en eux-mêmes tels qu'ils sont. Pour cela, les études chimiques ne nous servent plus que comme un instrument, soit manuel quand il s'agit d'expérimenter, soit intellectuel quand il s'agit de tenir compte d'une modification survenue dans le phénomène général d'activité vitale de tel ou tel fluide organisé.

135. — Les principes solides qu'on trouve dans l'organisme peuvent rester ainsi, paree que e'est là leur état ordinaire ; mais il en est d'habituellement liquides qui se trouvent solidifiés par union avec d'autres, et c'est ainsi qu'ils concourent pour leur part à constituer la substance du corps. Tel est le cas de l'eau tenant déjà diverses substances en dissolution, unie à l'albumine, la musculine et autres principes constituant les éléments musculaires, fibreux, etc. Elle est là dans un état particulier de demi-solidité sans analogue dans le règne minéral. Une partie même de eette eau peut être chassée par simple expression ; mais l'autre partie se

trouve au contraire à un état particulier de combinaison qui exige une température assez élevée et le vide pour être chassée. Ce n'est, du reste, pas de l'eau seule qui est ainsi combinée aux substances organiques, mais encore de la créatine dans les muscles et d'autres principes analogues, ainsi que des sels solubles. Ils se trouvent également sous le même état solide ou demi-solide que l'eau ; toujours est-il qu'ils n'y sont pas à l'état solide cristallin, c'est-à-dire inorganique.

Ainsi nous trouvons là encore des phénomènes de dissolution et de combinaison s'opérant comme partout ailleurs ; mais vu la complexité de composition élémentaire des substances, et leur nombre, le résultat de leur combinaison n'est pas le même que dans le règne inorganique. Les corps nouveaux qui en résultent diffèrent sous plusieurs rapports de ceux-ci. Aussi, quoique les conditions d'activité moléculaire se trouvent être de même ordre dans l'un et dans l'autre règne, c'est-à-dire, quoique ce soient d'un côté et de l'autre des corps en *dissolution* qui agissent l'un sur l'autre, le résultat est différent, par suite des dissemblances que nous venons de mentionner. Ce sont là ces dissemblances de résultat qui, comparées en masse l'une à l'autre, sans qu'on eût préalablement analysé suffisamment les conditions dans lesquelles elles se passent, ont fait croire plus ou moins longtemps à des entités, dites forces vitales, dont l'organisme ne faisait que manifester l'action. Mais on ne trouve là rien autre chose, des deux parts, qu'une corrélation régulière entre les différences d'actions et les différences de conditions qui les permettent ; et celles-ci sont suffisantes pour rendre compte des premières. Les conditions sont de même ordre au fond tant physique que chimique ; mais ce qui constitue la différence de nature, c'est leur complication infiniment plus grande, tant sous le rapport du nombre des principes que sous celui de leur quantité relative, de leur composition élémentaire, etc.

Les principes immédiats constituant la substance du corps sont donc solubles, c'est ce que l'expérience démontre. Toutefois beaucoup ne sont solubles que dans des liquides com-

plexes, ne sont solubles qu'indirectement. Dans le chapitre des procédés à employer pour extraire les principes immédiats et les étudier, nous aurons souvent à tenir compte des conditions de dissolution dans lesquelles ils se trouvent, tant sous le rapport des agents à employer pour les isoler des autres corps que sous celui de la manière d'en diriger l'emploi. Il suffira ici de faire connaître les principes immédiats insolubles qui sont moins nombreux que ceux qui, au contraire, se dissolvent facilement.

136.—Les principes immédiats insolubles dans l'eau sont:

1. Acide urique.	10. Acide stéarique.
2. Phosphate basique de chaux.	11. Acide margarique.
3. Carbonate de chaux.	12. Oléine.
4. Carbonate de magnésie.	13. Stéarine.
5. Urate de chaux.	14. Margarine.
6. Oxalate de chaux.	15. Cétine.
7. Cystine.	16. Phocénine.
8. Séroline.	17. Butyrine.
9. Cholestérine.	18. Hyrcine.

A part l'albumine, l'albuminose, la caséine et la fibrine, qui sont solubles dans l'eau, ou mieux, dans les solutions salines, toutes les *substances organiques* sont insolubles. Aussi ce sont elles qui constituent essentiellement les solides de l'économie.

137.—Tous les principes cristallisables autres que ceux dont nous venons de donner la liste sont solubles dans l'eau, et généralement au contraire insolubles dans l'alcool et l'éther. Ce fait de la solubilité dans l'eau de la plupart des principes immédiats, en même temps qu'il est une condition d'existence de l'organisme, puisque l'eau est le principal véhicule de tous les matériaux qui entrent et qui sortent du corps, est mis à profit pour l'extraction des principes immédiats. On cherche en effet à les mettre dans des conditions d'insolubilité telles qu'ils puissent se précipiter à l'état cristallin et être nettement isolés.

Chacune des solutions obtenues par la combinaison d'un corps solide, liquide ou gazeux, avec un dissolvant pur, constitue un nouveau dissolvant. L'ensemble de ceux-ci doit être

ajouté à la liste des premiers qu'il allonge ainsi considérablement, et chacun d'eux doit être étudié, lorsqu'on prévoit quelque utilité à le faire. Ces faits reposent sur la belle expérience de Vauquelin, dans laquelle il a montré que l'eau saturée d'un sel restait susceptible de se saturer d'un autre, et acquérait même ainsi la singulière propriété de dissoudre une nouvelle quantité du premier. Des faits analogues se présentent pour les solutions alcooliques, etc. On n'a encore, sous ce rapport, déterminé expérimentalement et théoriquement qu'un très petit nombre de lois relatives seulement à la solubilité des sels dans l'eau. C'est pourtant de toute la théorie des dissolutions le côté le plus important, surtout pour ce qui concerne l'anatomie et la physiologie. Ainsi, par exemple, le sel marin dissous dans l'eau constitue le meilleur dissolvant de l'albumine et des substances analogues. Sans doute d'autres sels jouissent de cette propriété. Il est incontestable aussi que la dissolution simultanée de plusieurs sels dans l'eau, en certaines proportions, doit constituer un dissolvant nouveau pour beaucoup de substances ou de principes immédiats, qu'il serait très important d'étudier. Ce sont, en effet, ces conditions très complexes qui se rencontrent dans les humeurs des corps vivants, et qui leur permettent sans doute de dissoudre des principes qui nous semblent peu solubles. Mais les recherches de ce genre sont encore entièrement à faire, quoique, cependant, la fréquence des dissolutions complexes dans les eaux douces ou salées, ainsi que dans les liquides employés par l'industrie, eût dû les faire faire, puisque nous voyons les dissolutions complexes se rencontrer plus souvent dans la nature et dans la pratique que les dissolvants purs.

138. — Il y a, comme nous le verrons bientôt, dans les liquides que représentent les sérums, des substances organiques ou des principes cristallisables qui manifestent des effets analogues à celui de l'alcool mêlé à l'acide tartrique. On sait, d'après les recherches de M. Pelouze, que l'alcool empêche l'acide tartrique de décomposer les carbonates. Ce fait n'a du reste rien d'étonnant; car, du moment où les dissolutions sont des

combinaisons, il est naturel de voir l'acide tartrique dissous dans l'alcool ou l'esprit de bois avoir des propriétés différentes de celles de sa solution aqueuse. On constate, du reste, que les solutions tartriques dans l'alcool et l'esprit de bois dévient le plan de polarisation autrement que la solution aqueuse. On peut concevoir de la même manière qu'en général des réactions chimiques puissent s'exercer entre certaines substances, dans certains milieux et non pas dans d'autres : car vraisemblablement, dans beaucoup de cas, ces milieux ne sont pas simplement interposés comme des obstacles inertes entre les substances dont il s'agit, mais forment avec elles de vrais composés entre lesquels la réaction chimique est ou n'est pas actuellement possible (1).

139.—On ne pourra certainement arriver à se faire une idée nette de la constitution des sérums du sang, de la lymphe et des autres fluides tant animaux que végétaux, si difficiles en apparence à étudier, qu'après avoir essayé dans des conditions données à les reproduire artificiellement, en étudiant successivement les propriétés nouvelles du dissolvant, après chaque addition d'un principe nouveau. On ne pourra, d'autre part, se rendre compte exactement des phénomènes respiratoires et d'exhalation des gaz à la surface du corps qu'aprés avoir étudié comparativement les propriétés des dissolvants purs et de ces dissolvants complexes par rapport à la solubilité des gaz oxygène, azote et acide carbonique.

Dans les solutions salines complexes se trouvent dissoutes les substances albumineuses; par celles-ci, deviennent possibles l'émulsion et la dissolution des substances grasses ou de leurs combinaisons avec les sels. Ce liquide complexe, à son tour, empêche certaines réactions qui se passeraient dans l'eau d'avoir lieu dans son intérieur. Un exemple de ce fait se

(1) Biot, *Extrait d'un mémoire intitulé :* Méthodes mathématiques et expérimentales pour discerner les mélanges et les combinaisons définies ou non définies, qui agissent sur la lumière polarisée ; suivies d'applications aux combinaisons de l'acide tartrique avec l'eau, l'alcool et l'esprit de bois. (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, t. II, in-4, 1835, p. 53.)

rencontre dans l'action réciproque du lactate de fer et du prussiate de potasse qui n'a plus lieu dans le sang, de telle sorte que ces deux sels peuvent circuler ensemble sans se combiner ; tandis qu'ils se combinent dans les humeurs de l'économie qui ne sont pas ou presque pas albumineuses comme le suc gastrique et quelquefois l'urine, dans les cas où, comme le suc gastrique, elle contient fort peu de matières azotées. Dans ce cas les sels de fer ne s'unissant pas à ces dernières, on ne peut les voir se combiner au prussiate (1).

Ce sont ces conditions, facilitant ou empêchant telles ou telles dissolutions ou doubles décompositions, qui ont fait dire que les phénomènes chimiques ne se passaient pas dans l'organisme (c'est-à-dire quand on les croit soumis à ce qu'on appelait la *force vitale*) de la même manière que *hors* de l'économie vivante. Ce qui doit être rapporté à ces conditions multiples, alors inconnues, on l'attribuait à la *force vitale*, entité se présentant aussitôt à l'esprit pour suppléer à ce qu'on ne savait pas encore : c'est cet être imaginaire qui était chargé de résister, de faire faire exception aux lois de la physique ou de la chimie. Il tenait dans l'esprit des observateurs la place que devait occuper la notion de dissolution et de mélange d'un grand nombre de corps, dont les propriétés étaient elles-mêmes ignorées ou à peine connues.

b. Applications des faits précédents.

140.— Nous avons établi, dans les prolégomènes, qu'à tout état statique se rattache d'une manière immédiate et nécessaire un état dynamique correspondant. A tout ordre de caractères des principes immédiats étudiés au point de vue statique, nous verrons bientôt se rattacher au point de vue dynamique autant d'ordres correspondants de propriétés. Il en sera de même dans le reste de l'anatomie générale, et la distinction entre l'un et l'autre de ces ordres d'étude sera d'autant moins nette que, quittant les éléments, nous avan-

(1) Cl. Bernard, *Expér. sur les manifestations chim. div. des subst. introd. dans l'organisme* (*Arch. gén. de méd.*, 1848, t. XVI, p. 62 et 219).

cerons davantage dans l'étude des parties plus complexes de l'organisme.

Les caractères que nous venons d'étudier sur les principes immédiats sont autant de conditions d'activité ou de combinaison et de décombinaison de ces corps : les unes consistent en ce que sous telles ou telles influences physiques déterminées, ils peuvent se combiner ou se décomposer ; les autres consistent en ce que, placés dans telles ou telles conditions de dissolution ou de contact avec des corps simples ou composés, ils se décomposent mutuellement ou se combinent ensemble. Nous aurons bientôt à étudier, dans la partie dynamique de ce livre, les actes eux-mêmes qui s'opèrent dans ces diverses conditions. Mais il faut auparavant nous approcher davantage de la réalité, en appliquant ces conditions générales, tant physiques que chimiques, aux deux circonstances particulières dans lesquelles s'accomplissent tous les actes de combinaison et de décombinaison.

141. — Il suffit, pour que certains de ces actes s'opèrent, que les principes immédiats soient en présence les uns des autres ; les actions varient suivant les conditions physiques de température, d'électricité, etc., des principes, et suivant l'état de dissolution de ceux-ci ou le degré de simplicité de leur composition : ce qui constitue les conditions chimiques.

D'autres actes présentent cette particularité, qu'ils ne peuvent s'opérer qu'autant qu'en présence des corps qui agissent l'un sur l'autre, s'en trouve un qui est inactif, qui n'agit qu'indirectement par simple contact. Ces actes varient aussi suivant les conditions physiques de température, d'électricité, etc., et, d'autre part, suivant les conditions chimiques de dissolution, le degré de simplicité de leur composition, etc.

Cet ordre d'actes de combinaison et de décombinaison a reçu le nom de *phénomènes chimiques indirects*, de *contact* ou *catalytiques*. Le premier prend le nom de *phénomènes chimiques directs* ou *proprement dits*.

142. — Des phénomènes analogues à ceux de ces deux ordres se rencontrent dans le règne minéral en dehors de

l'organisme ; leur étude, précédée de celle de leurs conditions d'accomplissement, soit dans le vide, soit dans des milieux naturels et artificiels, constitue le sujet de la chimie. Les lois de ces phénomènes ayant été connues avant celles des actes de nutrition et autres qui se passent dans la matière organisée, actes qui en sont des propriétés, on a pensé que l'on pourrait prévoir, d'après les connaissances chimiques, les quelques phénomènes analogues faisant partie des actions nutritives qui se passent dans l'économie vivante. Mais l'expérience a conduit à reconnaître que même pour les plus simples d'entre eux cela était impossible, et qu'ils doivent être étudiés en eux-mêmes, expérimentalement, en raison des conditions complexes dans lesquelles ils s'opèrent. Ils ont lieu, en effet, dans une substance liquide, demi-solide ou solide, constituée par dissolution réciproque et complexe, les uns à l'aide des autres, de principes immédiats nombreux et de composition peu stable. Il faut donc étudier d'abord ces conditions-là en elles-mêmes, ce qui fait l'objet de cet article; dans un autre, nous étudierons ensuite au même point de vue les phénomènes offerts par les principes placés dans ces conditions et formant cette substance; car il faut renoncer à pouvoir déduire et les phénomènes organiques ou vitaux, et leurs conditions d'accomplissement, de la notion des phénomènes chimiques et de leurs conditions d'existence. Ces dernières sont en effet beaucoup plus simples que celles dont nous nous occupons.

α. — Conditions de combinaisons et de décombinaisons directes ou proprement dites, offertes dans l'organisme par les principes immédiats.

143. — Parmi les principes immédiats, ne sont bien démontrés comme étant corps simples que l'oxygène, l'hydrogène et l'azote. Le fer et le cuivre de l'économie sont, sans aucun doute, à l'état d'oxyde ou d'autre combinaison. Tous les autres principes sont de composition plus ou moins complexe.

Ceci établi, nous voyons que les seuls faits de combinaison

dans lesquels un corps simple joue un rôle direct dans l'économie sont les cas de dissolution des gaz dans le sang.

Partout ailleurs nous ne trouvons que des exemples d'union de corps généralement très complexes avec d'autres composés, qui sont réunis en quantité considérable pour former une seule substance.

Les cas de ce genre les plus tranchés sont ceux que présentent les os, les dents et les autres parties dures de l'économie, dans lesquels nous voyons des principes réellement à l'état solide et combinés fortement entre eux. Généralement ce sont des sels de chaux qui se trouvent unis à des principes non cristallisables. Les actions plus énergiques qu'il faut déployer ici pour séparer ces corps ainsi combinés montrent bien que leur mode de combinaison se rapproche davantage dans ces tissus des combinaisons proprement dites, inorganiques, que celui offert par les principes constituants des tissus demi-solides. Ce sont, du reste, les cas les moins fréquents de tous dans toute l'économie. Nous verrons plus tard que l'altération de certaines substances organiques pendant l'extraction se trouve d'autant plus grande que l'union était plus intime, plus énergique, plus voisine de celles que nous offrent les corps bruts. On observe, en effet, que les propriétés de celles retirées des tissus du genre des précédents (gélatine) s'éloignent beaucoup plus des propriétés présentées dans l'organisme par les principes analogues que celles des substances retirées des tissus demi-solides ou des humeurs.

Il est des principes qui, dans l'économie, manifestent des caractères d'acidité et d'alcalinité, comme ils les manifestent hors de l'organisme. L'acidité et l'alcalinité des tissus et des humeurs sont, en effet, dues soit à des acides libres, comme c'est le cas pour l'acide lactique dans le suc gastrique ; soit à des sels acides, comme le phosphate acide de soude dans l'urine ; ou à des sels alcalins, comme on le voit pour le carbonate de soude dans le sang. Mais ces réactions ne sont pas dues à des combinaisons particulières, ni à des actions vitales qui disparaissent avec la vie.

144. — Nous aurons, en traitant des procédés d'extraction des principes immédiats, à tenir compte de tous les faits de dissolution, de combinaison, etc., que présentent dans l'économie les principes immédiats. Nous aurons, d'autre part, à utiliser sous ce rapport ce que nous savons de leurs caractères chimiques proprement dits. Mais c'est principalement pour nous rendre raison des phénomènes de nutrition, que nous tirerons parti de toutes les observations que nous venons de faire sur les conditions physiques et chimiques d'activité que présentent les principes immédiats. Chemin faisant, nous avons tiré parti de la comparaison pour montrer que les principes immédiats ne se comportent pas autrement dans l'organisme qu'au dehors, tels que nous sommes censés les avoir vus se comporter, en faisant leur étude inorganique ou chimique. Seulement, comme les conditions de nombre et d'union les uns avec les autres sont bien plus complexes que celles dans lesquelles nous les plaçons artificiellement pour expérimenter hors de l'économie, les actes chimiques que l'on pourrait prévoir sans cela se trouvent modifiés par des phénomènes intermédiaires, et le résultat général se trouve différent, ce que l'on avait cru prévoir. La prévision qui marque science se trouve alors être fausse à chaque instant, et quand on procède des faits chimiques aux faits organiques, elle est impossible. Il faut étudier ceux-ci comme un ordre à part, comme de nature différente par leur extrême complication, car leur connaissance repose sur celle des actes chimiques, et ce n'est qu'après avoir établi les lois qui leur sont propres qu'on peut prévoir quels résultats donneront telles conditions statiques ou anatomiques.

145. — Les faits suivants feront encore ressortir l'importance qu'il y a à bien préciser les idées que nous venons de développer. L'albumine, la fibrine, le sucre du foie, la créatine, l'urée, les sels, etc., n'ont pas, dans les tissus et les humeurs où ils se rencontrent, les mêmes caractères de forme, de couleur, de consistance, et souvent ils ne présentent plus toutes les mêmes réactions chimiques qu'on observe en eux après les

avoir retirés. Ils n'ont plus là les mêmes caractères que nous venons de passer en revue d'une manière générale. Ce n'est pas qu'ils aient changé de propriétés et soient, comme on dit, soumis à de nouvelles forces (forces vitales) qui leur empêchent, leur défendent en quelque sorte de manifester les propriétés que nous avons déjà étudiées. C'est simplement parce que, se trouvant dans d'autres conditions de mélange et de dissolution, leurs propriétés éprouvent des modifications correspondantes dans leur mode de manifestation. Certaines propriétés peuvent même être momentanément masquées par la présence d'autres corps, sans pourtant que les premiers aient été décomposés : c'est ainsi que l'acide tartrique dissous dans l'alcool perd la propriété de décomposer les carbonates.

Les expériences suivantes, les seules qui existent encore sur ce sujet, feront mieux comprendre encore ce dont il s'agit; elles montrent que les conditions de combinaisons présentées par les principes immédiats naturels ou accidentellement introduits dans l'organisme ne sont pas au dedans ce qu'elles sont au dehors. Elles montrent que « les modifications des substances introduites dans l'organisme sont excessivement diverses et peu connues, de sorte que pour la plupart des cas elles ne sauraient être rigoureusement prévues (1). »

Le prussiate jaune de potasse et le lactate de fer peuvent être introduits sans inconvénients dans le liquide sanguin. En injectant sur des lapins, dans une veine jugulaire, 12 grammes d'une dissolution saturée de lactate, et immédiatement après, soit par la même veine, soit par celle du côté opposé, une dissolution à 1 p. 100 de prussiate, il ne se forme pas de bleu de Prusse. En tuant l'animal deux ou plusieurs heures après, on ne trouve de coloration bleue nulle part, ni dans les urines, ni dans le poumon, ni dans l'estomac. Quelquefois pourtant elle se montre dans les urines, mais elle existe toujours dans le suc gastrique. Le résultat le plus général de ces expé-

(1) BERNARD, *loc. cit.* (*Arch. gén. de méd.*, 1848, t. XVI, p 231).

riences faites en assez grand nombre par M. Bernard, c'est que le lactate de fer et le prussiate de potasse ont pu circuler simultanément en grande quantité dans le fluide sanguin sans avoir donné naissance à du bleu de Prusse, et sans avoir été sous cette forme retenus dans les capillaires.

Ce n'est pas la petite quantité de ces réactifs relativement à la masse du sang qui empêche leur combinaison d'avoir lieu. « Sur un premier lapin on injecta 12 grammes de prussiate de potasse à 1 p. 100, et au bout de quelques minutes on saigna l'animal. Sur un autre lapin on fit une injection de 12 grammes de solution de lactate de fer étendue de la moitié de son poids d'eau distillée, et après quelques instants on saigna également l'animal. Ayant laissé les deux sangs jusqu'au lendemain pour obtenir la séparation du sérum, celui du premier lapin contenait du prussiate de potasse, tandis que le sérum provenant du sang du second lapin contenait beaucoup de fer. En mélangeant ces deux sérums on n'obtenait pas la moindre réaction. Mais si l'on ajoutait quelques gouttes d'acide sulfurique pur, la réaction apparaissait et le bleu de Prusse était évident. »

Il en fut de même pour les urines, c'est-à-dire que l'urine du premier lapin contenait du prussiate de potasse et celle du second renfermait du fer; mais on n'obtenait pas la moindre réaction en les mélangeant, à moins d'ajouter de l'acide sulfurique pur. Lavant ensuite l'estomac de ces deux animaux, on obtenait par la filtration deux liquides dont l'un contenait du fer et l'autre du prussiate, et en les mélangeant il se produisait immédiatement une réaction, et le bleu de Prusse se formait instantanément (1).

Ce n'est pas l'acidité du suc gastrique qui est cause de la différence que nous venons de signaler entre lui et le sérum au point de vue de la réaction; car les urines *acides* des herbivores à jeun et les urines acides des carnivores ne donnent pas de bleu de Prusse, lors même que le sang renferme du prussiate et du lactate. Cette urine et le sérum sanguin

(1) Cl. Bernard, *loc. cit.* (*Arch. gén. de méd.*, 1848, t. XVI, p. 70-71).

retirés de l'économie, auxquels on ajoute un peu de lactate de fer, puis après quelques minutes d'agitation un peu de prussiate de potasse, ne prennent pas la teinte bleue du prussiate de fer. Pour obtenir la formation du bleu de Prusse dans ce sérum et cette urine, il faut exagérer la dose des sels ou bien ajouter quelques gouttes d'acide sulfurique.

Ainsi dans le sang et dans l'urine il existe une matière organique qui dissimule les propriétés du sel de fer et l'empêche de réagir sur le prussiate de potasse, comme il le fait dans l'eau ou dans le suc gastrique. Le liquide des hydropiques et l'eau rendue albumineuse par le blanc d'œuf agissent d'une manière analogue. Un certain temps, du reste, est toujours nécessaire pour que cette matière organique des liquides animaux exerce son action sur les sels de fer, quand ils sont en certaine quantité ; car si l'on verse le prussiate aussitôt après le lactate, en employant le premier un peu en excès, la réaction pourra s'opérer. Mais le contact du fer et de l'urine étant prolongé jusqu'au lendemain, le prussiate ne donnera plus de réaction avec cette urine, bien qu'il ait pu en donner la veille. De même, si au lieu de mêler d'abord le sel de fer au liquide animal, on y verse en premier lieu le prussiate jaune de potasse, il devient presque impossible d'éviter la réaction, lorsque aussitôt après on ajoute le sel de peroxyde de fer, surtout si c'est un perchlorure ou un persulfate. Dans ce cas, en effet, le sel de fer se trouve mis en contact avec le prussiate avant que la matière organique ait eu le temps de s'unir à lui. La même chose a lieu quand on injecte les deux sels trop rapidement dans les deux jugulaires à la fois. Quand on chauffe le liquide animal auquel on a mêlé un sel de peroxyde de fer, les propriétés de celui-ci se trouvent bientôt complétement dissimulées à l'action du prussiate jaune de potasse versé directement dans cette urine. Dans ce dernier cas, ainsi que dans les expériences sur les animaux vivants, il paraît donc s'être produit une sorte d'union ou de combinaison entre la matière organique qui se

trouve dans les voies circulatoires et urinaires et le sel de fer qui les a traversées.

« Le prussiate de potasse, au contraire, ainsi que nous l'avons vu, traverse librement tous les tissus et liquides animaux sans s'unir à eux. Il en résulte que ces deux substances sont excrétées différemment. Le prussiate de potasse passe avec rapidité dans les urines, et au bout de vingt à vingt-cinq minutes il n'en reste plus dans le sang ni dans aucun tissu. Le sel de fer, au contraire, en raison de son espèce d'affinité pour les matières organiques, ne passe jamais qu'en faible proportion dans l'urine ; il en reste toujours la plus grande partie fixée dans les tissus, et particulièrement dans le tissu du foie. Si la quantité du sel de fer injecté n'est pas très considérable, tout reste dans les organes, et il n'en passe ni dans la vessie ni dans l'estomac. Cette tendance des sels de fer à s'unir avec les matières organiques est d'autant plus grande que les dissolutions salines sont plus concentrées ; c'est pour cela qu'en injectant dans les veines mêmes une très grande quantité d'une dissolution concentrée de lactate de fer, il n'en passe pas dans les urines, et tout reste fixé dans les tissus organiques (1). »

146. — Si, à l'aide d'un acide énergique, le sulfurique, le chlorhydrique ou l'azotique, on détruit la matière organique dans son union avec le fer, on démasque en quelque sorte ce métal, qui aussitôt reparaît avec ses caractères et peut alors réagir sur le prussiate pour donner naissance au bleu de Prusse. Il faut employer un acide énergique, parce que les phosphorique, acétique ou lactique, ne détruisent pas cette union du fer et des matières organiques et ne font pas apparaître la couleur bleue dans l'urine qui contiendrait du fer et du prussiate de potasse.

La réaction du fer ne se trouve jamais masquée dans l'estomac au sein du suc gastrique, parce que ce liquide ne contient que 1 pour 100 au plus de matières solides dans les-

(1) Bernard, *loc. cit.* (*Arch. gén. de méd.*, 1848, t. XVI, p. 70-74).

quelles les substances organiques peuvent être considérées comme nulles ou à peu près, en sorte qu'il y a presque immédiatement un excès de fer par rapport à la matière animale. Pour le bleu de Prusse, que M. Cl. Bernard a vu quelquefois dans les urines, il a cru remarquer qu'il apparaissait lorsque les dissolutions du sel de fer étant peu concentrées, il en injectait de grandes quantités et rapidement; peut-être que dans ce cas la quantité du liquide injecté rendait les urines plus aqueuses, ou bien peut-être que le fer était en plus grand excès.

147. — Ce ne sont pas encore là toutes les conditions de combinaisons particulières que présentent les principes immédiats dans l'économie. Il en est encore d'autres que la chimie ne peut prévoir et qui demandent à être déterminées expérimentalement, pour arriver à se rendre compte, d'abord des actes de composition et de décomposition offerts par les principes immédiats normaux, puis des mêmes actes offerts par les principes introduits, soit accidentellement, soit volontairement, comme principes médicamenteux.

Ainsi, par exemple, Wœhler a montré que le cyanure rouge de potassium, introduit dans l'estomac, passe à l'état de cyanure jaune durant son trajet dans les voies circulatoires, et c'est sous cet état qu'on le retrouve dans les urines (1). M. Cl. Bernard a constaté que le suc gastrique n'a pas cette action sur le cyanure rouge. On ne peut pas non plus soutenir que c'est uniquement dans le sang que se passe cette transformation, car l'urine seule suffit pour l'opérer. En effet, du cyanure rouge de potassium, mis au contact de l'urine d'homme ou d'un animal pendant quelques jours, passe à l'état de cyanure jaune, et il ne fait alors de bleu de Prusse qu'avec les sels de peroxyde de fer. A 100 degrés, il suffit de quelques instants, au lieu de quelques jours, pour que le changement s'opère.

(1) Wœhler, *Versuche ueber den Uebergang der Materien in den Harn. Zweiter Theil* (Tiedemann und Treviranus, *Untersuchungen*, etc., vol. I, 1824, in-4°, p. 305).

Dans l'estomac, les protosels de fer passent à l'état de per-sel en empruntant de l'oxygène au sang des capillaires de la muqueuse (Mitscherlich, Cl. Bernard); car les capillaires s'injectent vivement partout où la muqueuse est touchée par le protosel, et le suc gastrique retiré de l'estomac n'opère pas cette transformation (1).

Au contraire, le sel de peroxyde de fer injecté dans le sang se trouve à l'état de protosel quand il est dans les urines. Le persulfate ou le perchlorure de fer passent à l'état de protosels après avoir séjourné quelques jours dans les urines d'homme ou d'animal; à 100 degrés, la transformation a lieu en quelques instants. Injectés dans le sang, ces mêmes corps passent aussi à l'état de sels de protoxyde.

148. — En résumé, les expériences de M. Cl. Bernard montrent que les sels de fer, en traversant les voies circulatoires et urinaires, éprouvent deux espèces de modifications : d'abord ils ont une grande tendance à se combiner avec les substances organiques, et ils s'unissent à elles; mais de plus ils subissent une mutation chimique qui consiste en une désoxydation ou passage à l'état de protosel. On ne sait pas encore quelle est la matière qui fait passer ainsi leur base à un état d'oxydation moindre; c'est un point qu'il reste à élucider.

Une autre conséquence intéressante, c'est que dans l'estomac contenant du suc gastrique, il se passerait sous ce point de vue des phénomènes inverses de ceux observés dans le sang et l'urine. En effet, si le prussiate jaune de potasse et un sel de fer qui passe au minimum d'oxydation dans le sang peuvent circuler ensemble sans se combiner, il a fallu, pour donner du bleu de Prusse avec le prussiate jaune dans l'estomac, qu'il s'y soit transformé en sel de bioxyde.

« En supposant que l'union du sel de peroxyde de fer à la matière animale ne fût pas une cause suffisante pour s'opposer dans le sang à sa réaction avec le prussiate jaune de potasse, sa transformation dans ce fluide en protosel viendrait

(1) Cl. Bernard, *loc. cit.* (*Arch. gén. de méd.*, 1848, t. XVI, p. 224-225).

encore y mettre obstacle. Si maintenant on croyait éluder la difficulté en injectant du cyanure rouge au lieu de cyanure jaune, on n'en serait pas plus avancé, puisque le premier lui-même serait bientôt transformé en cyanure jaune. »

Théoriquement, on pourrait expliquer la non-formation du bleu de Prusse autrement : on pourrait dire que les carbonates ou phosphates du sang précipitent le fer à l'état de sel insoluble, et donnent ainsi raison tant de l'absence de réaction avec le cyanure, que de son arrêt dans les tissus. Mais d'abord il n'est pas sûr qu'il y ait dans le sang d'un lapin assez de carbonate pour précipiter 12 grammes de solution concentrée de lactate de fer. De plus, fait capital, la réduction des sels de fer à l'état de sel de protoxyde, dans l'urine acide comme dans le sang, empêche de songer là à une action des carbonates ou même des phosphates, qui n'expliquerait pas non plus le passage à l'état de sel de protoxyde. La combinaison de la matière animale avec les sels de fer est un fait positif ; reste à savoir comment il se fait que pendant qu'elle a lieu le fer passe à un degré moindre d'oxydation. On voit, d'après ce qui précède, qu'on ne peut donner d'avance aucune explication chimique directe de ces phénomènes, et qu'il faut les étudier expérimentalement, pour les connaître même dans ce qu'ils ont de plus simple (1).

149. — Ce ne sont pas seulement les conditions d'accomplissement de telle ou telle combinaison et désoxydation que nous ne pouvons pas prévoir d'après ce que nous apprenons en chimie, d'une part, et ce que nous savons de la constitution de l'organisme. Il est des phénomènes de double décomposition ou de simple décomposition d'un corps par un autre que nous sommes aussi obligés d'étudier expérimentalement, et c'est encore à M. Cl. Bernard que nous devons emprunter les matériaux acquis à la science sur ce sujet, car ils ne pouvaient pas plus que les autres être déduits des connaissances chimiques proprement dites.

Lorsqu'on mêle des cyanures avec du liquide stomacal ou

(1) Cl. Bernard, *loc. cit.* (*Arch. gén. de méd.*, 1848, t. XVI, p. 225-228).

de l'urine acide, il se dégage aussitôt de l'acide cyanhydrique. Le sang retiré des vaisseaux n'a pas cette action, il n'agit pas sur les cyanures, et pourtant, injectés dans les veines, ceux-ci sont décomposés et l'animal meurt aussitôt avec les symptômes d'intoxication par l'acide cyanhydrique. M. Cl. Bernard a vu que le cyanure de mercure injecté dans l'artère d'un membre n'est pas décomposé quand il revient dans les veines correspondantes. Mais si l'on pousse le liquide du côté du cœur, l'animal meurt en moins d'une minute avec des convulsions et en répandant une forte odeur cyanhydrique par la bouche. C'est donc seulement en traversant le poumon que le cyanure de mercure se développe. De plus, on peut constater qu'en versant une solution de cyanure de mercure sur des coupes des muscles, le tissu cellulaire, la face interne de la peau d'un animal mort depuis peu, il ne se passe rien; mais en arrosant des coupes du poumon avec la même solution et laissant à l'air quelques instants, il se développe une odeur cyanhydrique très prononcée qui indique la décomposition du cyanure de mercure par le tissu pulmonaire (1).

Ainsi, en traversant le poumon, les cyanures se trouvent décomposés comme s'ils étaient soumis à l'action d'un acide. Les cyanures de potassium et de mercure sont particulièrement dans ce cas. Le prussiate jaune de potasse, à raison de sa constitution chimique différente, résiste et paraît traverser tous les organes sans se décomposer. Cependant, si au lieu d'injecter chez les lapins et les chiens une dissolution à 1 pour 100, on l'injecte plus concentrée, ces animaux meurent bientôt par empoisonnement cyanhydrique; il y a donc toujours un peu décomposition de ce sel. Le suc gastrique le décompose aussi peu à peu. La production d'acide cyanhydrique a lieu aussi peu à peu, quoique la solution ne soit pas très concentrée, si l'on empêche l'élimination du sel, comme par exemple quand on injecte le cyanure jaune dans les veines

(1) Cl. Bernard, *loc. cit.* (*Arch. gén. de méd.*, 1848, t. XVI, p. 220-222).

d'un chien dont on a enlevé les reins. L'animal meurt avec les convulsions que causent cet acide et les cyanures. Certains bicarbonates se décomposent également dans le sang au moment où ce fluide traverse le poumon. Pour cela, il suffit d'injecter rapidement dans la jugulaire d'un lapin quelques grammes d'une solution saturée de bicarbonate de soude. Bientôt l'animal meurt, et, à l'autopsie, on trouve le poumon comme enphysémateux et distendu. Il existe du gaz dans les grosses divisions de l'artère pulmonaire et quelquefois même dans les deux ventricules du cœur. Ce gaz provient certainement de la décomposition du bicarbonate, et l'animal est tué alors comme s'il y avait eu introduction de l'air dans les veines. On peut du reste éviter la mort si, au lieu de faire l'injection brusquement, on la pousse avec lenteur. Dans ce cas, le bicarbonate, arrivant en petite quantité à la fois dans le poumon, s'y décompose successivement, de telle sorte que l'acide carbonique se dissout à mesure et n'arrête pas la circulation, comme cela a lieu quand une grande quantité de gaz se produit instantanément.

En résumé, dit M. Cl. Bernard, nous voyons que les cyanures et les bicarbonates, qui nécessitent habituellement l'intervention d'un acide pour se décomposer, peuvent néanmoins se décomposer dans le sang alcalin. Mais alors cette décomposition n'est pas effectuée à proprement parler dans le sang; il lui faut l'auxiliaire du poumon, qui paraît être le théâtre spécial de ces sortes de changements chimiques (1).

150. — Voilà des faits qui n'avaient pas été prévus avant ces expériences; si de loin on trouve quelque chose qui s'y rapporte dans les hypothèses sur la combustion pulmonaire du sucre donnant lieu à la formation d'acide lactique, elles ne sont pas d'accord avec celles qui veulent que cette combustion ait lieu dans le système capillaire général. Mais l'étude des principes immédiats vient, sinon en donner raison d'une manière complète, au moins diriger les expériences qui pourront conduire à ce but. Elle conduit à déterminer les

(1) Cl. Bernard, *loc. cit.* (*Arch. gén. de méd.*, 1848, t. XVI, p. 222-223).

conditions d'existence de ce phénomène, non pas d'après des hypothèses, n'ayant pour s'appuyer aucun fait expérimental direct, mais d'après la connaissance de la substance même du corps. L'un de nous (Verdeil) a en effet découvert dans la substance même du parenchyme pulmonaire un principe immédiat nouveau, très nettement acide, cristallisable, etc., que nous avons nommé *acide pneumique;* aussi peut-on constater sur les animaux morts par hémorrhagie que le tissu du poumon est toujours acide.

Ainsi donc ce n'est pas dans le liquide sanguin seul que se trouvent les conditions de combinaison et de décombinaison des principes immédiats. Il faut aussi tenir compte des solides, et c'est sans doute par suite de l'échange lent et graduel entre les principes des solides et ceux des humeurs, entre quelque principe du sang et cet acide, que ce dernier vient lentement opérer la décomposition des carbonates normaux ou accidentels ainsi que des cyanures. Du moins, s'il reste encore des expériences directes à faire sous ce rapport pour compléter cet ordre de notions, actuellement qu'on sait qu'il existe un acide dans les poumons, ce qu'on ne savait pas à l'époque où M. Cl. Bernard faisait ses expériences; du moins l'hypothèse que nous venons de mettre en avant repose sur une connaissance plus exacte et plus approfondie de constitution immédiate des parties. Ce sont là des conditions de combinaison qu'on ignorait, et il en est plus d'une qu'on ignorera encore tant que, ne se plaçant pas au point de vue anatomique, on croira pouvoir déduire de la chimie aux phénomènes qui se passent dans l'organisme, sans rechercher d'abord quelle est la constitution des solides et des liquides. Cela fait, il n'en faudra pas moins ensuite chercher expérimentalement, d'une manière directe, quels sont les actes qui se passent dans chacun d'eux et entre eux; car lors même que cette constitution immédiate sera bien connue, il sera difficile de prévoir ce qui se fait là en raison de la complication des parties. Il faudra toujours, à cause de cela, en venir à l'expérimentation directe, afin de se servir ensuite de la

connaissance de cette constitution pour établir la relation de cause à effet entre la substance du corps et les actes qui s'y passent, comme nous venons de le faire entre l'acide pneumique et les faits observés par M. Cl. Bernard dans ses expériences.

Comme le dit ce physiologiste, quand on explique et prédit d'avance dans les expériences de ce genre ce qui doit arriver, en se fondant sur les données très précises de la physique et de la chimie, c'est commencer par où l'on devrait finir. Avant tout il faut faire l'expérience sur l'animal vivant, parce qu'il arrive souvent, ainsi qu'on a pu le voir plus haut, qu'il se rencontre des particularités imprévues, qui néanmoins peuvent s'expliquer ensuite; elles font voir les choses telles qu'elles sont, mais tout autrement qu'on ne les avait préjugées.

Aussi rien de plus éloigné de la nature et de la réalité que les objections faites de loin par les chimistes aux faits obtenus par expérience directe; rien de plus choquant que ces objections théoriques expliquées à des résultats d'expériences non répétées ou répétées sans qu'on se soit placé dans les mêmes conditions physiologiques. Toutes les fois aussi qu'on parle de la difficulté des questions que la physique et la chimie ont encore à résoudre avant de permettre de traiter la physiologie d'une manière complète, on ne prend pas garde que les difficultés ne sont ni physiques ni chimiques: ces sciences ont déjà tenté de résoudre plus de questions qu'elles ne peuvent le faire. Les difficultés sont entièrement organiques, et c'est en prenant les questions comme purement anatomiques et physiologiques qu'on parviendra à établir la relation de cause à effet entre l'organisme et ses actes, c'est-à-dire à expliquer ceux-ci. Il faut, en un mot, retourner la question; il faut envisager la physique et la chimie comme moyens servant à connaître les lois des phénomènes vitaux qu'il faut étudier directement, et non pas ceux-ci comme une conséquence des lois physico-chimiques, pouvant s'en déduire dès qu'on aura pu en déterminer quelques unes de celles qu'on s'imagine

qu'il est nécessaire encore et si difficile de découvrir. Ces sciences inorganiques ne doivent être pour nous qu'un moyen d'étude et non un but, en vertu de ce principe déduit de l'expérience, que toute science se transforme en procédé d'exploration à l'égard de celle qui la suit dans l'ordre hiérarchique des connaissances humaines.

β. — Conditions de combinaisons et de décombinaisons indirectes, de contact, ou catalytiques, que présentent les principes immédiats dans l'organisme.

151.—Les phénomènes de contact sont, comme nous l'avons vu (1), de trois ordres, savoir : 1° les *catalyses* ou phénomènes catalytiques proprement dits ; 2° les fermentations ; 3° les putréfactions. Les conditions d'accomplissement de ces trois ordres secondaires d'actes chimiques peuvent se rencontrer dans l'organisme.

152. — Les principes immédiats trouvent normalement dans l'économie des conditions de catalyses soit isomériques, soit avec dédoublement, et nul de ceux qui sont susceptibles d'offrir ce mode d'activité moléculaire n'échappe à cette propriété ; laquelle est une condition d'existence de l'organisme lui-même dans les cas normaux, mais qui peut être cause de mort dans les cas où quelque principe accidentel est introduit dans l'organisme.

Ainsi normalement le sang ou le sérum simplement présentent les conditions nécessaires à la catalyse glucosique, par laquelle l'amidon est transformé en sucre de raisin (2). Ils présentent également, d'après les observations de M. Cl. Bernard, les conditions nécessaires à la catalyse lactique, par laquelle le glucose est transformé en acide lactique. Ce fait est important en ce que toutes les conditions nécessaires au phénomène se rencontrent naturellement dans l'organisme par suite de la formation du sucre par le foie, ce qui n'exige pas comme pour l'amidon le mélange artificiel de ce corps au liquide sanguin. Est-ce un principe du sang qui jouit spéciale-

(1) Ch. Robin, *Tableaux d'anatomie*, in-4, 1850, 10e tableau.
(2) Cl. Bernard, *loc. cit.* (*Arch. gén. de méd.*, 1848, t. XVI, p. 82).

ment de la propriété catalytique ou de l'action de contact, comme l'albumine, par exemple? ou bien est-ce le sérum sanguin tout entier pris comme un tout? C'est ce qu'on ne sait pas encore, mais peu importe. L'essentiel, pour le présent, est de savoir que les conditions de ce mode d'activité chimique des principes existent normalement.

Les conditions de catalyse glucosique sont également offertes par la salive mixte et par les liquides intestinaux ayant subi le contact de l'air. Ici on a pu s'assurer que l'un des principes de ces liquides, leur albumine, quand elle a été modifiée par le contact de l'air, jouit spécialement de la propriété de corps catalytique à l'égard de l'amidon introduit comme aliment. On peut la retirer, l'isoler, conservant encore cette propriété ; elle porte alors le nom de diastase animale.

Dans le foie existent également les conditions nécessaires à la transformation du sucre de canne en glucose ; car le premier, ainsi que l'a découvert M. Cl. Bernard, ingéré comme aliment, traverse comme sucre de canne la veine porte, et au sortir du foie, dans la veine sus-hépatique, il est à l'état de glucose. Il a donc là rencontré les conditions nécessaires à la catalyse glucosique, et bientôt ce dernier sucre va trouver dans le sang les conditions nécessaires à une autre catalyse, la catalyse lactique, selon toutes probabilités. Seulement on ne connaît pas quel est ou quels sont les corps qui, dans le foie, jouissent de la propriété d'opérer cette transformation.

153. — Les conditions nécessaires aux catalyses avec dédoublement ne se rencontrent pas normalement dans l'organisme, mais rien ne s'oppose à ce qu'elles puissent s'y rencontrer. C'est ce que montrent les expériences par lesquelles on arrive à déterminer des phénomènes de ce genre dans l'organisme. Ainsi, par exemple, en injectant dans le sang d'un lapin, comme l'a fait M. Cl. Bernard, 7 ou 8 centigrammes ou davantage d'émulsine dissoute dans 5 à 10 grammes d'eau ; poussant ensuite par une autre veine 50 centigrammes d'amygdaline dissoute dans 8 à 10 grammes d'eau, ces deux

substances, qui injectées isolément sont innocentes, réagissent l'une sur l'autre dès qu'elles se rencontrent. L'amygdaline se dédouble en essence d'amandes amères et acide cyanhydrique qui tue l'animal en peu d'instants.

154. — Ce que nous venons de dire s'applique également aux fermentations. Les conditions nécessaires à leur accomplissement n'existent pas normalement dans l'organisme, mais on peut les produire, en introduisant artificiellement les principes nécessaires à leur accomplissement. Dès lors rien ne s'oppose à ce qu'elles s'effectuent, et elles ont lieu rapidement; la constitution de l'organisme n'y apporte aucun obstacle. Les désordres qui surviennent dans les tissus et les altérations du sang montrent que les principes immédiats de ces parties portent parmi leurs propriétés celle de participer à cet ordre d'actes moléculaires décomposants, dès que les conditions nécessaires sont produites mécaniquement ou peut-être spontanément par suite de l'influence de certaines circonstances extérieures.

Ainsi, en injectant dans les jugulaires d'un chien de la levûre de bière et du sucre, ou simplement de la levûre et infiltrant le tissu cellulaire avec une solution de sucre, les animaux meurent au bout de 24 à 70 heures, en présentant des symptômes d'affaissement et d'état adynamique très prononcés, des selles sanguinolentes, etc. A l'autopsie, on trouve les muqueuses intestinales gonflées, ayant donné écoulement à du sang par leurs surfaces, et parsemées de taches ecchymotiques; le pancréas enflammé avec ou sans foyers purulents. Les poumons sont engoués et infiltrés de sang noir. Le sang des vaisseaux et du cœur est noir, visqueux, mal ou pas du tout coagulé.

Ainsi donc la levûre conserve dans le sang son action sur le sucre et exerce une action décomposante sur les principes immédiats du sang (1).

155. — Les conditions nécessaires à la putréfaction des principes immédiats ne se rencontrent pas habituellement dans

(1) Cl. Bernard, *loc. cit.* (*Arch. gén. de méd.*, 1848, t. XVI, p. 82-84).

l'organisme. Comme les fermentations, ce sont là des actions décomposantes, tandis qu'il n'en est pas de même des catalyses, dont la plupart sont simplement métamorphosantes. Mais dans quelques cas elles peuvent se rencontrer; c'est ce qu'on voit quand un foyer purulent est placé près d'une muqueuse en contact avec des gaz; alors les sulfates se décomposent en même temps que les principes non cristallisables azotés, une véritable putréfaction a lieu. Nous en étudierons les phénomènes plus loin en rappelant ces conditions (chap. IV). Il suffit d'avoir montré ici que parmi les principes immédiats il en est qui sont susceptibles de présenter, dans l'organisme comme au dehors, des actions moléculaires dites catalytiques, de contact aussi bien que des actions moléculaires directes, et d'avoir signalé que les conditions nécessaires à ces actes peuvent se rencontrer dans l'organisme sans que rien s'oppose à leur accomplissement : dès que les conditions existent, le phénomène commence.

156. — Ainsi, comme on le voit, cet organisme qui paraît si bien prémuni contre les actions destructives analogues à celles qui se passent hors de lui est au contraire formé de principes immédiats qui sont susceptibles de subir des catalyses isomériques, quelquefois même de véritables fermentations et putréfactions.

Nous nous trouvons ainsi revenus, par l'observation scientifique rigoureuse, à reproduire l'opinion des anciens observateurs sur les fermentations dans l'économie, mais à la reproduire sous un autre point de vue. En l'adaptant minutieusement aux faits observés ou aux résultats de l'expérience, elle se trouve tellement modifiée, qu'au premier abord il semble que ce soit une autre question; mais au fond pourtant l'idée générale reste : il est vrai que c'est sous forme d'un vague et confus pressentiment des faits, mais sa réalité n'en est pas moins certaine.

Au lieu d'observer des fermentations violentes avec dégagement de chaleur, nous venons de voir, au contraire, qu'il est peu de principes immédiats qui soient susceptibles de fer-

menter. Le sucre du foie (glucose) est seul dans ce cas; mais l'une des conditions nécessaires du phénomène, le corps catalytique, manque habituellement. Il faut, pour que le phénomène ait lieu, introduire artificiellement un *ferment*. Alors tout semble prouver que d'autres principes immédiats participent au mouvement de décomposition du principe fermentescible, mais on ne sait encore lesquels. Il n'est pas encore prouvé qu'un principe immédiat, jouissant des propriétés de ferment proprement dit, se soit jamais formé dans l'organisme (chap. IV, art. II). Relativement aux fermentations que l'on crut souvent s'opérer facilement dans l'estomac, les expériences de M. Cl. Bernard montrent que, tout au contraire, le suc gastrique leur est peu favorable, de même qu'aux putréfactions.

Quant aux putréfactions, la plupart des principes immédiats non cristallisables et plusieurs de ceux qui cristallisent peuvent se putréfier; le phénomène a lieu, en effet, toutes les fois que ces principes cessent de participer au double mouvement nutritif de rénovation, ou seulement quand cet acte se ralentit; mais ce n'est que dans quelques cas accidentels et morbides que les conditions nécessaires se rencontrent. Nous aurons néanmoins à étudier cet ordre de phénomènes.

Beaucoup de principes, au contraire, portent dans leurs propriétés celle de présenter, au contact de certains autres, les phénomènes de catalyse par dédoublement ou simplement métamorphosante; phénomènes par lesquels les propriétés de ce corps, telles que celles de solubilité, etc., sont considérablement changées, sans que leur composition élémentaire le soit. Ces corps acquièrent ainsi des propriétés qui les rendent de plus en plus aptes à l'assimilation ou simplement à la pénétration dans l'organisme, comme on le voit dans le cas de la catalyse digestive ou albumineuse, par laquelle les substances azotées, insolubles dans l'eau, introduites dans l'estomac, y sont rendues solubles. D'autres principes semblent, au contraire, en présentant ces phénomènes de catalyse, s'éloigner de plus en plus des caractères que possèdent

les principes qui constituent essentiellement l'organisme, et se rapprocher des corps d'origine minérale ou artificiellement produits. Tel est, entre plusieurs, le cas du sucre de raisin, qui, placé dans le sang, y présente très rapidement à la température du corps les phénomènes de la catalyse lactique.

3. — Constitution chimique immédiate des principes immédiats.

157.— Les corps simples qui constituent les parties solides ou liquides d'un être organisé ne sont jamais isolés (1). C'est toujours à l'état de composés plus ou moins complexes qu'ils remplissent le rôle qu'ils jouent dans l'économie animale et végétale. Comme preuve, il suffit de citer un ou deux exemples, car ils sont trop nombreux et trop évidents par eux-mêmes, pour qu'il soit utile d'insister sur ce fait.

Ce ne sont jamais que des composés très complexes qui cristallisent spontanément dans la vessie ou déjà dans les tubes urinifères, comme le carbonate de chaux chez le cheval et les enfants, l'acide urique dans quelques conditions physiologiques, l'oxalate de chaux, etc. Ce ne sont aussi que des corps composés, non moins complexes, qui se déposent, se séparent à l'état cristallin dans l'épaisseur des tissus, comme on le voit à l'occasion de certaines conditions morbides, pour la cholestérine, la margarine, etc. Ce ne sont enfin que des composés plus ou moins complexes et jamais des corps simples qui se séparent à l'état cristallin par simple évaporation du sérum du sang ou du sérum de la lymphe, tels sont : les chlorures et sulfates, la créatine, les hippurates de l'urée, etc. Ce ne sont certainement pas les procédés employés pour l'extraction qui ont déterminé la combinaison des éléments chimiques qui composent ces principes, et l'on ne peut pas admettre qu'ils fussent à l'état de corps simples dans le sang qu'ils concouraient à constituer.

Ce n'est pas même comme acide sulfurique, phosphorique, chlorhydrique, oxalique ou autres, que nous les voyons agir.

(1) Chevreul, *loc. cit.*, 1824, p. 4.

Les phénomènes chimiques qui se passent dans l'économie n'ont pas le cachet de ceux que nous offrent les oxydes de sodium, potassium, calcium, etc., agissant l'un sur l'autre, ou sur d'autres composés acides ou neutres. Aussi n'est-ce que lorsqu'il y a destruction évidente des principes immédiats par suite de l'emploi de procédés d'analyse trop grossiers que de la substance organisée on retire des acides ou des oxydes même peu énergiques.

Enfin il y a des principes immédiats dont la constitution chimique immédiate ne peut, en aucune manière, être comparée à celle des principes, qui sont des composés définis; car ces derniers sont formés par la combinaison fixe, déterminée, plus ou moins stable d'éléments, unis soit directement les uns aux autres, soit le plus souvent à l'état de sel par combinaison d'un acide et d'un alcali, etc. En attendant que la composition immédiate des substances précédentes soit parfaitement connue, en attendant que leur analyse immédiate ait été faite d'une manière complète, nous ne pouvons, sous le point de vue de leur constitution chimique, faire autre chose que les comparer à l'amidon, la cellulose, les gommes, *substances organiques* des végétaux. Ces principes-là, par une simple action de contact ou catalytique d'un acide, fixent les équivalents d'eau, et passent à l'état de composé cristallisable, le glucose ou sucre de raisin qui lui-même se trouve être un principe immédiat des plantes. Or, il est possible qu'on parvienne à obtenir une action analogue avec les substances organiques azotées, ou à trouver dans les animaux un principe cristallisable qui leur soit isomère, ou à peu près, comme le glucose est à la fécule et la cellulose; ce qui serait déjà un guide pour arriver à se rendre compte de la constitution chimique *immédiate* des substances organiques azotées. Il faut, du reste, reconnaître que cette constitution chimique des *substances organiques* végétales et animales, cellulose, fécule, fibrine, etc., ne sera complétement connue que lorsqu'on aura fait leur analyse immédiate, ou au moins celle des principes cristallisables qui leur sont à peu

près isomères (glucose, etc.). Pourtant cette analyse immédiate n'a pas encore été faite, même pour le glucose; nous connaissons sa composition chimique élémentaire, mais non sa composition immédiate; à plus forte raison en est-il de même des substances organiques non azotées ou azotées.

158. — Ainsi donc, sous le rapport *de la constitution chimique immédiate*, les principes immédiats se divisent en deux groupes très naturels :

1° Ceux qui sont des CORPS SIMPLES OU DES COMPOSÉS DÉFINIS ; ce groupe comprend les principes dont suit l'énumération :

a. Principes immédiats définis gazeux.

1. Oxygène.
2. Hydrogène.
3. Azote.
4. Acide carbonique.
5. Hydrogène proto-carboné.
6. Hydrogène sulfuré.
7. Carbonate d'ammoniaque.

b. Principes immédiats définis liquides.

1. Eau.
2. Acide lactique.
3. Acide oléique.
4. Oléine.
5. Butyrine.
6. Phocénine.
7. Hircine.

c. Principes immédiats définis solides.

1. Chlorure de sodium.
2. Chlorure de potassium.
3. Chlorure de calcium.
4. Chlorhydrate d'ammoniaque.
5. Carbonate de chaux.
6. Bicarbonate de chaux.
7. Bicarbonate d'ammoniaque.
8. Carbonate de magnésie.
9. Carbonate de potasse.
10. Bicarbonate de potasse.
11. Bicarbonate de soude.
12. Carbonate de soude.
13. Sulfate de potasse.
14. Sulfate de soude.
15. Sulfate de chaux.
16. Phosphate neutre de soude.
17. Phosphate acide de soude.
18. Phosphate de potasse.
19. Phosphate basique de chaux.
20. Phosphate acide de chaux.
21. Phosphate de magnésie.
22. Phosphate ammoniaco-magnésien.
23. Lactate de potasse.
24. Lactate de soude.
25. Lactate de chaux.
26. Acide urique.
27. Urate de potasse.
28. Urate de soude.
29. Urate de chaux.
30. Urate d'ammoniaque.
31. Urate de magnésie.
32. Acide hippurique.
33. Hippurate de chaux.
34. Hippurate de soude.
35. Hippurate de potasse.
36. Inosate de potasse.
37. Acide pneumique.
38. Oxalate de chaux.

39. Urée.
40. Allantoïdine.
41. Cystine.
42. Créatine.
43. Créatinine.
44. Glykocholate de soude.
45. Hyocolinate de soude.
46. Taurocholate de soude.
47. Cholestérine.
48. Séroline.
49. Acide stéarique.
50. Acide margarique.
51. Margarine.
52. Stéarine.
53. Stéarérine.
54. Élaiérine.
55. Sucre de diabète.
56. Sucre de lait.

2° Le deuxième groupe comprend les principes qui sont des corps dont la COMPOSITION CHIMIQUE N'EST PAS DÉFINIE; albumine, fibrine, caséine, etc. On a cru pouvoir les considérer comme formés par l'union en toutes proportions de principes définis du groupe précédent. Mais pourtant, jusqu'à présent on n'a pu faire artificiellement encore aucune substance non cristallisable analogue à la fibrine, à l'albumine, etc., comme on a pu faire de l'urée. Il faut toujours les retirer anatomiquement de l'économie, car après en avoir fait l'analyse, nous ne pouvons pas encore en faire la synthèse.

Les principes immédiats de composition chimique non définie sont :

1. Fibrine.
2. Albumine.
3. Caséine.
4. Albuminose.
5. Pancréatine.
6. Globuline.
7. Musculine.
8. Ostéine ou osséine.
9. Élasticine.
10. Kératine.
11. Cartilagéine.
12. Cristalline.
13. Hématosine.
14. Biliverdine.
15. Mélanine.
16. Urrosacine.

159. — Ces principes non définis, appelés pour cela *substances organiques*, nous les retirons de l'économie, toujours doués d'un ensemble de caractères qui sont constamment les mêmes; nous les trouvons toujours dans les mêmes parties du corps, ils y jouent un rôle essentiel, et ce rôle on constate qu'il ne peut être rempli par aucun autre principe; nous sommes donc en droit de les considérer comme autant d'espèces de principes immédiats, malgré qu'il soit impossible de les trouver formés de proportions fixes d'éléments, et, d'autre part, de les faire cristalliser.

Le groupe des principes, à proportions non fixes d'éléments chimiques, est même un des plus naturels, un des plus nettement caractérisés, non seulement quant à l'ensemble du groupe, mais encore quant aux caractères de chacune de ces espèces prise à part. Seulement, pour constater les différences qui existent entre les caractères des chaque espèce, pour tenir compte, dans des limites exactes, de toute la valeur de ces caractères, il ne faut pas se placer au point de vue chimique, il faut se placer au point de vue anatomique. C'est alors seulement qu'il est possible d'apprécier toutes les différences qu'ils présentent sous le point de vue de la coagulation par la chaleur ou divers réactifs, etc.; c'est alors seulement qu'on peut, d'autre part, juger de l'importance de ces caractères et autres encore, parce que ces différences anatomiques on les trouve correspondre à des différences physiologiques tout au moins aussi nettement tranchées. En se plaçant au point de vue chimique, on ne tient plus ou pas assez compte des différences anatomiques de coagulation, etc., dont nous venons de parler, parce que le chimiste n'a pas, comme l'anatomiste, constamment la pensée de voir quelles sont les différences qui, dans le rôle physiologique qu'ils remplissent, sont corrélatives à chaque notion anatomique.

160. — Il faut donc savoir reconnaître que les substances formant ce deuxième groupe des principes, celui dont les espèces n'ont pas une composition définie, sont des espèces de principes immédiats, bien distinctes les unes des autres ; mais seulement l'histoire de ces corps appartient entièrement à l'anatomie et ne regarde en rien la chimie au point de vue scientifique. Elle ne la regarde en rien autrement qu'au point de vue technique ; au point de vue des moyens d'étude, mais non du but, du résultat qu'on se propose d'obtenir. Ce sont, qu'on nous permette l'expression, des corps entièrement anatomiques, et qui, pris d'un point de vue absolu, ne se trouvent pas avoir, comme les principes immédiats définis cristallisables, un côté de leur histoire, qui, en raison de leur composition fixe et définie, appartient à la chimie, tandis que

l'autre, en raison de la part qu'ils prennent à constituer l'organisme, appartient à l'anatomie.

161. — C'est pour avoir méconnu ce point important de doctrine, que la chimie tourne depuis longtemps sur ce sujet sans avancer elle-même et sans être très utile à l'anatomie ou à la physiologie. Il n'en sera plus de même quand on envisagera ce sujet comme appartenant à l'anatomie. Il est bien évident du reste que cette séparation capitale, mais délicate, en partant des idées actuelles, ne pourra être saisie que de ceux qui (quelles que soient leurs connaissances organiques ou inorganiques), aborderont ce sujet en partant de la notion d'organisme, pour arriver, le subdivisant ainsi de plus en plus, jusqu'aux principes immédiats, en passant par les notions intermédiaires d'appareils, organes, systèmes, tissus et humeurs.

4. — Composition chimique élémentaire des principes immédiats.

162. — Ce côté de l'étude des principes immédiats est de tous le moins utile, le moins important anatomiquement et même physiologiquement parlant. La composition immédiate étant comme la composition élémentaire, s'en déduit d'après de simples notions chimiques, et cependant c'est uniquement d'après cette dernière qu'on a jusqu'à présent classé les principes immédiats dans les essais qui ont été faits à cet égard. Sous ce point de vue les principes se rangent de la manière suivante, qui, au point de vue organique, est on ne peut plus artificielle.

I. Principes immédiats qui sont des corps simples.

1. Oxygène, O.
2. Hydrogène, H.
3. Azote, Az.

II. Principes immédiats qui sont des corps binaires.

1. Eau, HO.
2. Acide carbonique, CO^2.
3. Hydrogène proto-carboné, C^2H^4.
4. Hydrogène sulfuré, SH.
5. Silile, SO.
6. Chlorure de sodium, ChNa.
7. Chlorure de potassium, ChK.
8. Chlorure de calcium, ChCa.

III. Principes immédiats qui sont des corps ternaires.

1. Chlorhydrate d'ammoniaque, $ChAzH^3$.
2. Carbonates de chaux, CO^2CaO.
3. — de magnésie, CO^2MgO.
4. — de potasse, CO^2KO.
5. — de soude.
6. Sulfate de potasse, S^2O^3KO.
7. — de soude, S^2O^3NaO.
8. — de chaux, S^2O^3CaO.
9. Phosphate de soude, $2NaO.HO.PhO^5.26HO$.
10. — de potasse, PhO^6KO.
11. — de chaux, $3PhO^5CaO$.
12. — de magnésie PO^5MaO^7HO
13. Acide lactique, $C^6H^5O^5.HO$.
14. Oxalate de chaux, $C^2O^3.CaO+2HO$
15. Oléine.
16. Margarine.
17. Stéarine, $C^{71}H^{70}O^8$.
18. Cétine, $C^{32}H^{32}O^2$.
19. Élaiérine.
20. Stéarerine.
21. Cholestérine, $C^{25}H^{22}O$.
22. Séroline.
23. Acide oléique.
24. — stéarique, $C^{68}H^{66}O^5.2HO$.
25. — margarique, $C^{34}H^{33}O^3.HO$.
26. Sucre de lait, $C^{24}H^{24}O^{24}$.
27. Sucre du foie, $C^{14}H^{14}O^{14}$.

IV. Principes immédiats qui sont des composés quaternaires.

1. Carbonates d'ammoniaque.
2. Lactate de potasse.
3. — de soude.
4. — de chaux, $CaO.C^6H^5O^5 + 5HO$,
5. Acide urique, $C^{10}H^4Az^4O^6$.
6. — hippurique, $C^{18}H^8AzO^5.HO$
7. Urée, $C^2H^4Az^2O^2$.
8. Créatine, $C^8H^9Az^3O^4.2HO$.
9. Créatinine, $C^8H^7Az^3O^2$.
10. Allantoïne, $C^4H^3Az^2O^3$.
11. Oléate de soude.
12. Margarate de soude.
13. Stéarate de soude.
14. Sels à acides gras volatils.
15. Urate d'ammoniaque, $AzH^3.HO.2C^{10}H^4Az^4O^6$.

V. Principes immédiats qui sont des composés quinquennaires.

1. Phosphate ammoniaco-magnésien $AzH^3.HO.2M9O.PhO + 12HO$.
3. Glycocholate de soude, $NaO.C^{52}H^{42}O^{11}Az$.
4. Hyocholinate de soude, $NaO.C^{51}H^{43}AzO^{10}$.
5. Urate de soude, $NaO.C^{10}H^4Az^4O^6 + HO$.
6. — de chaux.
7. — de potasse.
8. — de magnésie.
9. Hippurate de soude.
10. — de chaux.
11. — de potasse.
12. Acide pneumique.
13. Inosate de potasse, $KO.C^{10}H^6Az^2O^{10}$.
14. Cystine, $C^6H^6O^4S^2Az$.
15. Fibrine.
16. Albumine.
17. Albuminose.
18. Caséine.
19. Globuline.
20. Musculine.
21. Ostéine.
22. Cartilagéine.
23. Élasticine.
24. Kératine.
25. Cristalline.
26. Hématosine.
27. Biliverdine.
28. Mélanine.
29. Urrosacine.

VI. Principes immédiats qui sont des composés sexenaires.

1. Pneumate de soude.
2. Taurocholate de soude, $C^{52}H^{45}AzS^2O^{14}.NaO$.

On en déduit chimiquement que l'organisme des mammi-

fères est composé par les corps simples ou élémentaires, ou éléments chimiques suivants :

1. Oxygène.	7. Calcium.
2. Hydrogène.	8. Magnésium.
3. Azote.	9. Potassium.
4. Carbone.	10. Sodium.
5. Soufre.	11. Fluor.
6. Phosphore.	12. Fer.

Il faut y joindre : 13 le maganèse, 14 le cuivre, et au moins accidentellement 15 l'arsenic, 16 le plomb dont l'état de combinaison n'est pas connu.

163. — *De l'état chimique dans lequel se trouvent les principes immédiats dans l'organisme.*

Nous avons vu que les conditions complexes dans lesquelles se trouvent placés les principes immédiats dans l'organisme empêchent de prévoir quelles sont réellement les doubles décompositions et les combinaisons qui vont se passer lorsqu'on introduit quelque composé au milieu d'eux ; ces conditions forcent de recourir à des expériences directes pour être fixé sur les effets de ces actes. Mais la complication des conditions mise de côté, chacun de ces actes pris isolément s'accomplit d'après les lois des combinaisons chimiques, de la manière la plus rigoureuse. Aussi la question de savoir si les principes immédiats que nous pouvons extraire des tissus et des humeurs s'y trouvent dans le même état chimique que lorsqu'ils sont isolés, rentre dans la discussion générale de l'état où se trouvent les sels tenus en dissolution dans un liquide , question purement chimique, et qu'on a depuis longtemps résolue en regardant le résultat de l'analyse d'un liquide salin complexe, comme représentant la composition de ce liquide. C'est qu'en effet, à cet égard , toutes les fois qu'on a voulu aller au delà de ce qu'enseigne l'expérience, on arrive à des questions insolubles, et par conséquent oiseuses, n'ayant aucune portée pratique. Par conséquent, nous ne pouvons, sous ce rapport, faire autre chose en anatomie qu'en chimie. Nous ne pouvons que dire : Le chlorure de potassium, la créatine, le lactate de potasse, etc., sont des principes immédiats, parce que nous pouvons les retirer, comme tels, des humeurs et des tissus ;

parce que nous pouvons les séparer les uns des autres et de plusieurs principes encore qui les accompagnent, sans détruire chimiquement ni les uns ni les autres, et parce que quelques uns de ces principes se séparent quelquefois spontanément de la substance organisée qu'ils forment, tels que nous les retirons artificiellement. Ainsi lorsqu'on parvient à extraire un certain nombre de principes définis, on doit les considérer comme existant tels quels dans l'organisme, et ne subissant d'autres transformations que de passer de l'état liquide à l'état solide, de la même manière que les sels extraits d'une eau minérale sont considérés comme existant *dans* ce liquide avec le même état de constitution chimique qu'ils avaient avant d'y avoir été dissous, et qu'ils ont après en avoir été extraits : seulement, par suite de leur union avec l'eau, ils ont changé d'état physique ; ils sont à l'état liquide au lieu d'être à l'état solide, comme lorsqu'ils en ont été séparés.

Nous ne devons donc pas dire de l'acide chlorhydrique, du chlore, de la potasse, du soufre, du fer ou des produits de décomposition de la créatine, de l'acide, des hippurates, etc., que ce sont des principes immédiats, parce que nous ne les retirons pas tels de l'économie; parce que, pour les obtenir ainsi, il faut décomposer moléculairement, non pas seulement la matière organisée, mais encore les composés définis qu'on en peut retirer d'une manière immédiate; et parce que pour cela il faut employer des moyens violents, évidemment destructeurs de la matière organisée d'abord, et ensuite des composés définis qu'on en pourrait extraire.

L'étude des humeurs animales et végétales, faite au point de vue anatomique et au point de vue chimique, montre encore que les principes immédiats ont dans le corps mort la même constitution chimique que dans le corps vivant. L'assurance où l'on est de la vérité de ce fait ressort à la fois de l'ensemble des observations qu'on a faites sur les propriétés des liquides animaux, sur leur composition et sur la connaissance du nombre des actes qui s'y passent, lesquels *pris isolément* obéissent rigoureusement aux lois chimiques. Elle ne res-

sortirait nullement d'une discussion reposant sur des probabilités ; car elle est purement expérimentale. Les changements de constitution ne surviennent qu'autant que commence la putréfaction, et ils indiquent le commencement de ce phénomène multiple ; mais là encore il ne se passe aucun acte qui n'ait lieu d'après les lois chimiques, et la connaissance de ces actes vient encore donner plus de certitude au fait dont nous parlons, lorsqu'on le compare à ceux-ci.

IV.—CARACTÈRES D'ORDRE ORGANOLEPTIQUE DES PRINCIPES IMMÉDIATS.

164. — *Définition.* On donne le nom de propriétés *organoleptiques* des principes immédiats ou autres corps [ὄργανον, *instrumentum*, organe ; λήβω, λαμβάνω, *capio*, prendre (1)], à *toutes celles que nous percevons par le contact immédiat et direct de l'espèce étudiée, avec nos organes.*

Jusqu'ici les deux sens supérieurs, la vue et l'ouïe, aidés du raisonnement, nous ont seuls servi directement pour l'étude des principes immédiats. Ils nous ont fait connaître quelques caractères d'ordre mathématique, puis les propriétés physiques de couleur, etc., et enfin les caractères chimiques de solubilité et de combinaison que présentent les principes dans l'économie. Mais les principes jouissent d'autres propriétés qui consistent dans l'action exercée par ces corps appliqués immédiatement sur nos organes. Elles peuvent souvent être utilisées pour distinguer les corps les uns des autres, et nous serviront plus tard de caractères distinctifs pour séparer les unes des autres les diverses espèces de principes immédiats.

165. — Ces propriétés sont au nombre de quatre : 1° *l'impression des corps sur le toucher et le tact;* 2° *sur le sens du goût;* 3° *sur celui de l'olfaction;* 4° *les diverses actions que l'espèce de corps peut exercer sur les organes vivants, ou éprouver de leur part.*

On peut voir que toutes ces propriétés dérivent, les unes

(1) CHEVREUL, *loc. cit.*, 1824, p. 31 et 42.

plus, les autres moins, des propriétés physiques ou chimiques. Seulement ici l'organisme est considéré directement en action ; c'est un réactif qui modifie ou qui est modifié : comme la lumière ou la chaleur peuvent modifier moléculairement ou être modifiées dans leurs lois de transmission, etc.; comme un acide peut détruire ou être détruit par un corps.

Nous constatons ici que l'espèce a une action sur l'économie; mais cette action, nous l'envisageons quant à l'espèce étudiée en elle-même et non quant à l'action sur l'organisme même. Ce n'est que plus tard, en physiologie, qu'il sera tiré parti de l'action constatée ici, afin d'en étudier l'influence sur la nutrition en général et sur chaque fonction en particulier. C'est alors que nous étudierons, s'il y a lieu, l'action dite physiologique, toxique ou thérapeutique des substances.

L'organisme est considéré ici comme agent (qui attaque ou est attaqué) et non comme le sujet d'étude ; c'est le composé qui est considéré sous ce point de vue. En physiologie, au contraire, le composé sera repris sous le rapport de la propriété constatée comme agent, et c'est l'organisme qui deviendra le sujet d'étude. Dans le premier cas, le principe immédiat est le sujet qu'on étudie, l'organisme est l'objet mis en usage pour cela; dans le second, l'organisme est le sujet d'étude et le composé l'objet dont on se sert pour étudier.

166. — Ces propriétés supposent connues les propriétés physiques ou chimiques, car elles reposent sur celles-ci, quoique cependant elles en diffèrent.

Les lois de l'odeur et de la saveur des corps sont certainement différentes des lois de la vaporisation et de celles des dissolutions, et cependant elles supposent la volatilité et la solubilité; l'odeur et la saveur n'existent pas sans elles, mais elles ne sont pas proportionnées à ces propriétés.

Les lois des propriétés de tangibilité ou tactiles, les lois des impressions que font éprouver les corps qu'on touche, en un mot, sont certainement différentes de la conductibilité pour le calorique, d'une part, et de celles qui régissent l'état d'agrégation, des lois de la densité des corps, ce mot étant

pris dans le sens de dureté, consistance. Cependant elles dérivent de celles-ci; il y a une relation entre elles. Le talc et le savon en sont des exemples. Mais pourtant l'analogie de sensation n'est pas en rapport direct avec la consistance ou le degré de fluidité; la différence qui existe au toucher entre certains corps gras solides ou liquides, ou entre certaines essences, est là pour le prouver. Du reste, cet ordre de sensation varie avec l'organe qui touche, main, langue ou peau du reste des corps, et de plus, suivant l'état anatomo-physiologique de chacun de ces organes.

Il faut bien distinguer de ces sensations purement tactiles celles auxquelles se joint une action chimique et qui établissent une sorte de transition entre le toucher et le goût. Telles sont les sensations produites par l'acide acétique, par les acides minéraux étendus, celle que fait éprouver la potasse, etc., lorsqu'elle ne va pas jusqu'à la douleur, c'est-à-dire jusqu'à détruire les tissus.

Il en est, à plus forte raison, de même des propriétés organoleptiques des corps se manifestant par leur action sur les organes internes et causant des sensations ou impressions internes bien distinctes des précédentes. Elles sont très nombreuses et varient beaucoup depuis la sensation de froid ou de chaud interne, se rapprochant des sensations tactiles générales, jusqu'aux sensations spéciales causées par certains corps, tels que l'opium, le haschich, etc. Tantôt ce sont des impressions analogues à la faim, des tiraillements ou pincements d'estomac; d'autres sont appelées pesanteur ou légèreté de la tête, des muscles, des membres, des viscères, etc. L'excès des unes et des autres constitue la douleur. La perception de chacune de ces sensations ou impressions analogues varie elle-même un peu, suivant qu'il s'agit de corps se rapprochant l'un de l'autre par leur composition, ou pris à l'état solide, dissous dans tel ou tel véhicule actif ou inactif, et suivant que le cerveau, organe de la perception, est ou n'est pas attaqué lui-même. Quelle que soit du reste l'action, nous prenons en considération la différence des sensations per-

ques sous l'influence de chaque espèce de principes, ou bien les différences dans la manifestation de ces perceptions, quand on expérimente sur un autre animal, et toujours le tout est considéré quant au principe étudié, et non quant aux appareils et aux fonctions de l'animal sur lequel on expérimente.

167. — Ces propriétés forment donc un groupe distinct de celles que nous avons étudiées plus haut, et doivent être étudiées à part et jamais négligées.

Elles ne doivent venir qu'après les autres, parce qu'elles peuvent manquer quelquefois : ainsi on conçoit et l'on connaît des corps sans saveur, sans odeur, sans action sur les organes internes, mais on ne connaît pas de corps sans propriétés physiques ni chimiques. Elles sont donc moins générales, de plus elles dépendent des autres et sont plus compliquées.

Elles peuvent manquer ; mais, lorsqu'elles existent, elles sont d'une très grande utilité, quant à la distinction des corps les uns des autres.

D'autre part, soit que l'espèce ait la propriété narcotique de la morphine, l'action foudroyante de l'acide cyanhydrique, la qualité fébrifuge des alcalis du quinquina ; soit qu'elle ait la propriété de nourrir, d'empêcher la nutrition, ou soit inactive sur l'économie vivante, ces propriétés sont intéressantes à noter et doivent l'être dans leurs rapports avec les propriétés précédentes, avant d'en venir à en faire application à l'étude des fonctions, dans le but de les modifier.

Nous verrons, dans l'étude des tissus, que l'examen des effets alimentaires peut souvent devenir, sous le point de vue anatomique, un utile complément des autres procédés d'exploration, surtout de l'exploration chimique dont il constitue, dans les limites indiquées plus haut, une sorte d'appendice naturel. De ce fait résulte par comparaison un grand intérêt à étudier sous le même rapport les principes immédiats : car nous verrons que nul d'entre eux, pris séparément, n'est alibile, aussi bien les *substances organiques* que les principes

cristallisables; tandis que les tissus formés par leurs mélange et dissolution réciproques peuvent nourrir.

168. — Il était nécessaire d'être bien fixé sur les faits précédents applicables à l'étude de tous les corps, avant d'en tirer parti relativement aux principes immédiats.

Il est des principes immédiats qui, dans l'économie, donnent au toucher la sensation d'une substance *grasse*, *onctueuse*, *savonnéuse :* tels sont les principes gras ou non azotés d'origine organique; caractères qu'il ne faut pas confondre avec la consistance propre aux tissus qu'ils concourent à constituer. Tels sont encore les sels de soude qu'on trouve dans la bile.

169. — Plusieurs principes répandent une odeur prononcée : tels sont, les butyrates et hyrciates alcalins, qu'on trouve soit dans le sang, soit dans les produits sécrétés.

170. — Les principes immédiats peuvent conserver dans l'économie le goût qui leur est propre, comme le sel marin; mais, en général, combinés intimement les uns aux autres pour constituer la substance organique ou du corps, ils perdent leur saveur propre. Ce n'est qu'après avoir été isolés qu'ils la retrouvent; ce n'est qu'au point de vue des procédés d'étude que nous pourrons voir ces caractères reparaître et en tirer parti, en tenant compte de ce que nous avons appris en chimie sous ce rapport. Ainsi considérés comme condition d'activité de l'organisme, les caractères organoleptiques des principes immédiats nous offrent peu de faits utiles à envisager.

171. — Il en est de même pour les caractères organoleptiques internes; les principes immédiats réunis, combinés, pour former la matière du corps, perdent une partie des caractères qui leur sont propres. C'est dans les substances qui résultent de leur union ou combinaison que nous retrouverons de nouveaux caractères organoleptiques, mais qu'il faudra étudier dans chaque tissu formé par ces substances.

En chimie, l'étude des caractères organoleptiques externes (impressions tactiles, odeur et saveur) et internes, ou

action sur les humeurs et éléments anatomiques, est très caractérisée ; elle y acquiert un grand développement. En anatomie, elle n'a que fort peu d'importance dans la première subdivision, celle que nous étudions. Mais nous retrouverons ces caractères dans l'étude des humeurs et des tissus ; comme il s'agit là de parties bien constituées, à part des caractères nouveaux, nous verrons ceux dont il s'agit ici prendre un développement nouveau et reparaître aussi caractérisés qu'en chimie, mais avec un cachet différent.

Ce n'est pas le seul exemple de ce genre que nous ayons à citer ; on voit dans toute science se manifester à l'état d'ébauche dans l'une de ses parties les caractères qui acquerront leur plein développement dans les parties suivantes. Par exemple, les propriétés hygrométriques ou d'élasticité, etc., des tissus, se trouvent à l'état d'ébauche dans les éléments anatomiques ; mais ce n'est qu'autant que ceux-ci se trouvent réunis en masse, enchevêtrés les uns avec les autres, pour former les tissus, qu'elles se manifestent pleinement. Une fois étudiées dans les humeurs et les tissus, leur importance décroit et cesse complétement dans l'histoire des systèmes, organes et appareils.

V. — CARACTÈRES D'ORDRE ORGANIQUE DES PRINCIPES IMMÉDIATS.

172.—On entend par caractères d'ordre organique des principes immédiats en particulier, et par suite de toutes les parties du corps, un ordre de caractères, différents de tous ceux que nous venons d'étudier, reposant sur eux, les supposant, mais ne pouvant s'en déduire, ni se confondre avec eux sous aucun rapport.

Les principes immédiats ont pour caractère organique, caractère sans analogue dans tout ce que nous avons vu précédemment, de CONSTITUER LA SUBSTANCE DU CORPS, OU SUBSTANCE ORGANIQUE PROPREMENT DITE, *en raison de leur réunion en nombre considérable et de l'état liquide ou demi-solide qu'ils présentent par union spéciale et dissolution réciproque et complexe les uns à l'aide des autres.*

C'est là le fait d'organisation le plus simple, le plus élémentaire. Mais c'est aussi le plus important, parce que c'est sur lui que reposent tous les autres, tous en dérivent. Lorsqu'on en vient à tenir compte de l'organisation d'un être pour en faire application soit à nos besoins, soit pour rétablir à l'état normal un dérangement de l'organisme, cet état le plus simple peut bien paraître accessoire; il l'est réellement à côté de l'arrangement de l'organe ou de l'appareil lésé; mais c'est pourtant là un état tout à fait indispensable à connaître, pour arriver à bien connaître la disposition du système, de l'organe, de l'appareil.

Les autres caractères d'organisation qui se rattachent à chacune des autres parties de l'économie sont en effet de simples modifications de disposition, physique au fond, de la substance qui résulte de l'arrangement organique des principes immédiats.

Il a fallu à ce caractère nouveau un nom d'ordre, un *nom générique* nouveau comme lui. Ce caractère étant aussi distinct des caractères chimiques proprement dits que ceux-ci le sont des caractères physiques, il a fallu le dénommer au même titre que ceux-ci et d'une manière aussi déterminée. On l'a appelé CARACTÈRE ORGANIQUE, OU D'ORDRE ORGANIQUE.

La propriété physiologique ou dynamique correspondante que nous venons de signaler a naturellement reçu aussi un nom nouveau : on l'a appelée PROPRIÉTÉ VITALE OU D'ORDRE VITAL. On l'a encore appelée *propriété organique*. Mais les termes *organisation* et *organique* entraînent plutôt l'idée d'arrangement que celle de mouvement, une idée statique plutôt que dynamique; de là deux ordres de termes en biologie : les uns s'appliquant aux faits statiques, ANATOMIQUES, ORGANIQUES ou d'ORGANISATION, les autres aux faits dynamiques, PHYSIOLOGIQUES OU VITAUX, DE VIE OU DE VITALITÉ.

173. — Les principes immédiats ne présentent qu'un seul caractère *d'ordre organique*. Ce caractère est unique, mais il est fondamental; sur lui reposent tous les caractères des autres parties de l'économie; sur lui reposent les autres ca-

ractères d'ordre organique sans se confondre avec lui, et ils ne peuvent rentrer les uns dans les autres.

Ce caractère est celui de *constituer la* SUBSTANCE DE L'ORGANISME *par leur réunion en nombre considérable et leur état généralement liquide ou demi-solide par union et dissolution réciproque et complexe les uns à l'aide des autres.*

Naturellement ce caractère domine les autres caractères organiques, ceux que présentent les éléments, les humeurs, les tissus, etc., puisqu'ils sont formés par cette substance. Il est la condition d'existence immédiate, nécessaire et essentielle des propriétés d'ordre vital ou de la vie, c'est-à-dire *du double mouvement continu de composition et décomposition sans destruction du corps où il se passe*, qui caractérise la nutrition; propriété élémentaire que présentent tous les corps organisés sans exception, la seule qui soit absolument commune à tous.

Ce caractère organique est, au point de vue anatomique, le pendant du théorème physiologique. Lorsqu'il cesse d'exister, l'être organisé cesse d'exister, comme lorsque le double mouvement dont il vient d'être question s'arrête, on dit que la *vie* cesse, ou que la *mort* a lieu.

Pris en lui-même substantivement, ce caractère d'ordre organique prend le nom d'ORGANISATION. Tout corps qui le présente a une *organisation*, est *organisé:* on l'appelle *corps organisé.*

Il n'y a vie que là où il y a *organisation* , mais il n'y a pas nécessairement vie partout où il y a organisation ; il faut pour cela un ensemble de conditions extérieures à l'être organisé. Alors tout être qui présente une organisation, quelque simple qu'elle soit, est doué d'une au moins des propriétés vitales, la plus simple d'abord, celle que nous venons de signaler, la nutrition, ou au moins en a été doué (1).

Par conséquent, la membrane des cellules végétales, celle des cellules animales qui en ont une , ou la masse totale des cel-

(1) CH. ROBIN, *Du microsc. et des inject.*, etc. Paris, 1849, in-8, 2e partie.

lules sans paroi distincte de la cavité, sont organisées. Le noyau, le nucléole, les granulations moléculaires aussi sont organisés. Ils présentent le degré d'organisation le plus simple. Ils ont une organisation, mais la moins compliquée qu'il soit possible de concevoir. Ils ont une organisation, car ils sont formés de substance organique. Il en est encore de même de la matière homogène unissante, de la matière amorphe de la capsule du cristallin, etc....

174. — Nous retrouverons maintenant ce caractère le plus général de tous dans toutes les parties du corps ; comme nous y poursuivrons aussi partout la propriété de nutrition, la plus simple et la plus générale de toutes, celle sur laquelle reposent toutes les autres. Mais en outre ces caractères vont se développant et se prononçant de plus en plus ; car non seulement on y trouve la substance organique, mais on y remarque en outre une modification particulière de celle-ci dans chaque élément, chaque humeur, etc. Enfin, chacune de ces parties a de plus un autre caractère d'ordre organique qui lui est propre; comme en même temps elle offre un attribut dynamique, physiologique ou vital correspondant qui lui est propre également. Ainsi il y a dans chaque organisme autant de caractères d'ordre organique qu'il y a d'ordres de parties distinctes qui le constituent, car nous allons voir que chacune emporte le sien avec elle. Chacun des caractères propres à l'une des parties plus simples se trouve dans celle plus compliquée qui est au-dessus, mais il s'en trouve un au moins de plus qui repose sur les précédents; comme chacune d'elles est douée de la propriété de *nutrition*, plus d'une ou plusieurs autres propriétés ou attributs d'ordre vital qui reposent sur celle-ci et en sont dépendantes, sans pourtant pouvoir être confondues avec elles.

175.—Par conséquent donc, la cellule végétale ou animale, ou tout autre élément sous forme de fibre, de tube, sont aussi organisés. Ils ont d'abord ce caractère d'être formés de substance organique, caractère qui ne se retrouve dans aucun des corps du règne minéral. Il y a même des éléments qui

n'ont que ce caractère-là : telles sont la substance homogène du cartilage et celle de la capsule du cristallin. Mais en général chaque élément anatomique a de plus un autre *caractère d'ordre organique*, un autre caractère qu'on ne retrouve nulle part ailleurs que dans les corps vivants : c'est d'*être construit de parties diverses de cette substance organique ;* de parties qui ne sont pas semblables, qui ont des caractères de forme, de volume, de consistance, de couleur, de solubilité, de composition chimique différents. La masse de la cellule, le noyau, le nucléole, les granulations diverses, en sont des exemples.

Ainsi prise en elle-même, la substance organique n'a pas de *structure;* elle a une composition chimique particulière complexe, mais elle est *amorphe*, *sans structure*. Les éléments anatomiques au contraire ont en général une *structure* (*structus*, construit, bâti, constitué) particulière, qui est peu compliquée ordinairement, mais réelle. Ce caractère-là nous le retrouverons partout; à partir des éléments anatomiques, nous verrons tous les autres ordres de parties du corps avoir leur structure propre, plus quelque autre caractère plus spécial, comme celui de texture pour les tissus, etc.

Avec cette structure, avec ce caractère organique nouveau, nous voyons apparaître dans chaque espèce d'éléments anatomiques, ou bien seulement une modification de la propriété de nutrition, ou bien une autre propriété, celle de se reproduire ou de *reproduction ;* ou bien en plus une ou deux propriétés d'un autre ordre, la sensibilité et la contractilité, appelées propriétés animales, parce qu'on ne les trouve que chez les animaux.

Les tissus ont, par exemple, comme nous venons de le dire, d'abord les caractères d'ordre organique qui précèdent, savoir, celui d'être formés de substance organique; plus, d'avoir une structure, comme les éléments en ont une, savoir : d'être construits de telle ou telle espèce d'élément, mais en outre ils ont un caractère qui leur est propre, c'est une *texture* spéciale, c'est-à-dire un arrangement particulier

des éléments anatomiques. A ce caractère se rattachent comme attribut physiologique, outre les propriétés vitales, plusieurs propriétés appelées *propriétés de tissu*.

Les systèmes ont tous les caractères des tissus, plus une *conformation générale* propre à chacun d'eux qui manquait aux tissus. Il faut y rapporter comme attribut physiologique toutes les propriétés ci-dessus, plus l'idée d'*usage général* commun à toutes les parties du corps, mais variant suivant chaque système.

Les organes ont naturellement tous ces caractères, et en outre ils sont composés d'organes premiers et ont une *conformation spéciale;* à ce caractère se rapporte l'USAGE propre à chacun d'eux.

Les appareils nous montrent d'abord des caractères de structure, de conformation générale, de conformation spéciale, plus l'arrangement corrélatif avec *continuité médiate ou immédiate des organes* qui les constituent. Ils jouissent de toutes les propriétés physiologiques possédées par toutes les autres parties du corps, et il faut y rattacher en outre l'idée de *fonction*.

Chaque organisme entier, ou corps organisé en général, a pour caractère de réunir simultanément tous les précédents et d'avoir une *conformation extérieure* qui lui est propre; il manifeste l'ensemble des actes physiologiques ci-dessus et deux ou trois autres appelés *résultats;* ensemble qui reçoit le nom de *vie* ou *vitalité*.

En *résumé*, on voit, d'après ce qui précède, qu'on appelle en anatomie CORPS ORGANISÉS tous ceux qui présentent l'état d'organisation.

Les corps organisés seuls présentent l'état de vie, eux seuls peuvent être *vivants*, mais ils peuvent se présenter sans cet état de vie: on dit alors qu'ils sont *morts*, qu'ils présentent l'état de mort; ils peuvent être vivants ou morts (1).

(1) CH. ROBIN, *Tableaux d'anatomie*. Paris, 1850, in-4°, avertissement et tableaux 1 à 10.

On désigne par l'épithète ORGANIQUE, d'*origine organique*, toute substance qui, ne venant pas des milieux ambiants, est retirée artificiellement ou s'échappe naturellement d'un corps organisé.

176. Nous verrons plus tard que les éléments anatomiques sont des corps organisés d'une espèce particulière, les humeurs (sang, lymphe, etc.) sont des corps organisés d'une autre espèce, et ainsi de suite pour les parties du corps de plus en plus compliquées. Le sang, considéré comme sang, c'est-à-dire formé de son liquide salin et albumino-fibrineux, de ses globules tous réunis par dissolution, mélange et suspension, est un corps organisé et vivant quand il est placé dans des conditions convenables, c'est-à-dire dans l'organisme. Il a, en effet, pour attribut statique, l'état de liquide par union et dissolution complexe des principes immédiats, caractéristique de l'état d'organisation. Il a, pour attribut dynamique, le double mouvement continu de composition et de décomposition, sans destruction ni changement de son état d'organisation, double phénomène qui reçoit le nom de vie. Mais le sang privé de sa fibrine ou de ses globules n'est plus un corps organisé, ni par conséquent vivant. Ce ne sont plus, d'une part, que des *globules*, éléments anatomiques ayant leur organisation propre ; de la *fibrine*, substance organique formant un des principes immédiats des plus complexes sous le rapport de la composition chimique, et enfin du *sérum*, substance d'origine organique formée par le mélange de plusieurs principes. Ajoutez l'absence des gaz qui s'échappent pendant la coagulation.

Un faisceau musculaire strié, une fibre lisse de l'intestin, une fibre de tissu cellulaire, sont des corps organisés; ils présentent les mêmes attributs anatomiques et physiologiques. Mais que d'une masse de ces fibres on enlève l'albumine, ou la musculine, ou les sels des liquides qui les imbibent, ce ne seront plus des corps organisés, mais des substances organiques qui, réunies, forment un élément anatomique, un corps organisé doué de la vie, et, séparées, ne

forment plus que des principes immédiats, doués seulement de propriétés chimiques, lesquelles, pour être plus complexes que celles des corps minéraux plus simples, n'en sont pas moins de même nature.

Ainsi, les termes *organisation* et *corps organisé*, outre leur sens général, s'appliquent naturellement avec un sens plus spécial à toutes les parties, plus complexes que les premières qui sont très simples (éléments anatomiques) et par leur réunion composent les autres. Ils s'appliquent aux tissus, systèmes, organes, etc.

177. On donne le nom d'ORGANISME *à tout corps organisé, ayant eu ou pouvant avoir une existence séparée*. On donne le nom de VITALITÉ ou de VIE à l'ensemble des propriétés d'ordre vital ou propriétés vitales que manifeste ce corps. L'homme, le chêne, le cheval, les *Protococcus* (*Chlamydococcus*), les *Torula*, un œuf, un bulbe, un bulbille, une graine, sont des ORGANISMES *simples* ou *composés*, dont l'existence distincte a des lois plus ou moins complexes; mais une fibre musculaire, un tube nerveux, une cellule épithéliale, ne sont pas des organismes, quoique ce soient des corps *organisés*. Ce dernier terme est donc plus général que celui d'*organisme*.

Ainsi on voit que tous les corps, tant inorganiques que d'origine organique, présentent des caractères du même ordre que ceux que nous venons d'étudier dans les principes immédiats en général. Pourtant nous avons vu ces derniers présenter tous dans l'économie quelques particularités de ces caractères que n'offrent pas les composés minéraux, ni ces mêmes principes eux-mêmes, isolés, retirés de l'organisme vivant. Ces particularités étaient dues toujours au fait de la réunion de ces principes en nombre considérable, d'où, par suite, il y a l'intervention des propriétés de l'un qui modifient la manifestation des propriétés de l'autre, et réciproquement. Mais, de plus, en biologie, nous voyons pour la première fois apparaître un ordre nouveau de caractères; un ordre de plus que dans les corps purement chimiques, physiques et géométriques.

Cet ordre de caractères apparaît dès le commencement de l'anatomie, qui elle-même est la première des branches de la biologie; il apparaît dès l'histoire des principes immédiats. Cet ordre de caractères prend le nom de CARACTÈRES ORGANIQUES, et se place naturellement à la suite des caractères d'ordre chimique et organoleptique, car il est plus compliqué que ceux-ci; il en dépend et repose sur eux sans pouvoir rentrer en eux, et il est bien plus spécial; il s'applique à un bien plus petit nombre de corps.

En effet, les *caractères d'ordre organique* apparaissent à l'état d'ébauche dans l'étude des principes immédiats d'abord, mais ils prennent une extension bien plus grande, et sont bien plus nettement caractérisés à mesure qu'on passe aux éléments anatomiques, puis aux humeurs, tissus, systèmes, organes et appareils. Ils prennent enfin leur plein développement dans l'étude de l'ORGANISME lui-même, du corps entier. Et pourtant les éléments, tissus, systèmes, etc., présentent également des caractères mathématiques, de volume, de forme, etc.; physiques, de consistance, d'élasticité, etc.; chimiques, de solubilité, de combinaison possible avec différents corps, une composition chimique, etc. Mais plus on s'élève, des éléments, tissus, systèmes, etc., vers le corps entier, plus on aborde des parties de l'organisme compliquées; plus on s'approche ainsi de l'étude des appareils, puis du corps en général, plus aussi on voit décroître la fixité de ces différents ordres de caractères; au contraire, celle des caractères d'ordre organique se prononce davantage et perd progressivement le cachet chimique qu'elle conserve encore un peu dans l'étude des principes.

ARTICLE II.

CARACTÈRES DES PRINCIPES IMMÉDIATS ENVISAGÉS, QUAND IL Y A LIEU, DANS LEURS VARIATIONS SUIVANT LES SEXES, LES AGES, LES RACES, LES ESPÈCES ANIMALES ET LES ÉTATS ANORMAUX, SOIT NATURELS OU SPONTANÉS, SOIT ACCIDENTELS.

I. — VARIATIONS SUIVANT LES SEXES.

178. — Il y a des principes immédiats qui existent chez les individus du sexe femelle et manquent chez le mâle et réciproquement. C'est le cas de la caséine et du sucre de lait ne se rencontrant que dans le produit des glandes mammaires.

Il est probable que lorsque l'analyse anatomique des humeurs testiculaire et prostatique pourra être faite d'une manière rationnelle, on trouvera des particularités analogues, c'est-à-dire des principes immédiats propres à chacune d'elles, comme c'est le cas déjà pour les produits sécrétés spécialement par plusieurs des diverses espèces de glandes.

II. — DES PRINCIPES IMMÉDIATS SUIVANT LES AGES.

179. — Une fois introduite ou *formée* dans l'économie, chaque espèce de principe immédiat ne diffère guère qu'en plus ou en moins, au fur et à mesure des progrès de l'âge. Ce paragraphe correspond, comme on voit, à celui qui, dans l'histoire des éléments anatomiques, etc., embrasse l'étude de leur formation, des particularités de leur état anatomique pendant leur développement et leur terminaison. Ainsi, dès les premiers pas faits en anatomie, nous trouvons à l'état d'ébauche ce qui, plus tard, formera un côté assez étendu de cette science.

180. — Nulle partie de l'économie, de quelque ordre qu'elle soit, n'est, à proprement parler, quelque chose par elle-même ; ce n'est que par leur réunion et leur concours qu'elles constituent un tout dont l'ensemble peut avoir

une existence séparée. Pourtant chacune de ces parties est un facteur, un agent qui jouit d'une sorte d'existence différente de l'existence des autres parties, d'une certaine indépendance, qui est d'autant plus grande qu'il s'agit d'une partie plus simple. C'est ainsi, par exemple, que chaque vésicule adipeuse, fibre du tissu cellulaire, du musculaire, ou chaque cellule d'épithélium, peut s'atrophier et disparaître sans que les autres cellules varient, sans que les organes ou les appareils soient modifiés en rien.

Les principes immédiats aussi étant les dernières parties constituantes de l'organisme, celles de ces parties par la réunion desquelles est formée la substance, la matière de toutes les autres parties, chacun d'eux n'est rien par lui-même, il ne vaut quelque chose dans l'organisme que par son union intime et complexe avec les autres principes. Mais par suite de ce mode d'union par dissolution réciproque et complexe qui caractérise organiquement les principes immédiats, il n'y a dans tout être vivant qu'un seul individu de chacune de leurs espèces, et cet individu ne peut jamais disparaître tout à fait sans que la matière organisée qu'il concourt à former disparaisse aussi. C'est ainsi que le sucre de lait et la caséine disparaissant, le lait disparaît aussi, en tant que lait, ou réciproquement. Les principes immédiats, qui ne sont pas tout à fait spéciaux comme ceux-ci, présentent donc cette particularité nécessaire, que nul individu d'entre eux ne disparaît complétement de l'organisme, tandis que beaucoup d'individus vésicules adipeuses, fibres de tissu cellulaire, etc., s'atrophient, au contraire, sans que le tissu de ce nom disparaisse.

Chaque principe immédiat ne peut que varier en plus ou en moins dans de certaines limites dans les diverses substances qu'il concourt à former.

Mais il le fait facilement sous les moindres influences, et tandis que ces variations de quantité influent sur la constitution des tissus et des humeurs, sur les fonctions des appareils, comme on le voit pour les variations de la quantité

d'eau, par exemple; au contraire, les proportions de ce principe et des autres sont indépendantes de la forme, du volume et des autres caractères des appareils des organes, des tissus.

181. — On sait, d'autre part, que les caractères des diverses espèces de parties du corps peuvent osciller dans de certaines limites sans que ces parties passent d'une espèce à une autre, sans que leur substance, leur constitution interne soit changée. Ces variations peuvent être d'autant plus considérables qu'il s'agit d'un ordre de parties plus complexes: c'est ainsi que la forme, le volume, la disposition des parties extérieures, des appareils, des organes, etc., varient beaucoup plus, toutes proportions gardées, et plus souvent que les éléments anatomiques, musculaires, adipeux, etc.

Pour les principes immédiats, les caractères sont encore bien plus fixes, moins susceptibles de variation que ceux des éléments organiques proprement dits, tels que fibres, cellules, etc., cela tient à la simplicité de leur constitution intime ou élémentaire, surtout de ceux qui sont définis, cristallisables; car la simplicité de ces parties élémentaires de l'économie est bien plus grande encore que celle des éléments anatomiques. Aussi, de même que tous les composés chimiques proprement dits, leur constitution élémentaire ne peut varier sans que les caractères de l'espèce ne soient tout à fait changés, sans passer d'une espèce à une autre. Ce point a, du reste, été traité au sixième article des Prolégomènes. Dans l'économie donc, par suite des faits précédents, et de l'état de dissolution réciproque où se trouvent les principes immédiats, nous ne leur connaissons encore d'autres variations que celles de quantité.

Il n'y aura conséquemment qu'à propos des principes immédiats susceptibles de cristalliser dans l'économie, ce qui est exceptionnel, que nous aurons à signaler les variations de forme et de volume des cristaux de chaque espèce. Une fois les principes retirés de l'économie, après les avoir fait changer d'état en les retirant de l'organisme pour les faire rentrer dans le règne minéral, nous pouvons les faire cristalli-

ser, les coaguler, changer leur couleur, suivant les conditions artificielles inorganiques où nous les plaçons; mais ce n'est pas là le sujet dont nous avons à traiter. Ce n'est que comme moyen d'étude que nous tirerons parti de ces faits qui sont étrangers à l'histoire anatomique proprement dite du principe immédiat.

182. — Il résulte de tout ce qui précède, que chaque principe, une fois *formé* dans l'organisme, ne présente pas d'autres changements que des modifications en plus ou en moins. Ils n'offrent pas, comme les autres parties du corps, des phases de *développement* ou d'*évolution* donnant lieu à l'étude des variations de forme, de volume et autres caractères soit physiques, soit chimiques, qui correspondent à chacune de ces phases.

Mais tandis que les éléments anatomiques, les tissus, etc., n'ont d'autre mode de *terminaison* ou de *fin* que l'atrophie ou la putréfaction après la mort de l'être organisé, et ne le présentent qu'une fois pour chaque individu, leur substance est soumise à une rénovation continue qui est caractéristique de la vie. Cette rénovation s'opérant par un double mouvement d'entrée et de sortie des principes qui constituent cette substance, il en résulte que l'étude de l'*origine* et de l'*issue* ou *fin* des principes immédiats prend une grande importance. Il s'agit, en effet, de voir comment, sans changer un seul instant de forme et de volume, des éléments anatomiques peuvent renouveler continuellement leur substance, dont les principes se forment d'un côté, pendant qu'à l'aide de matériaux nouveaux ils se défont de l'autre, par formation de nouvelles espèces destinées à être expulsées.

Il n'est pas la moindre portion de nos organes que nous puissions saisir avec les doigts qui ne soit constituée par un nombre plus ou moins grand de principes immédiats unis les uns aux autres. Nous avons vu ce que sont ceux-ci, voyons d'où ils viennent quand ils entrent, où ils vont quand ils sortent. Étudions en outre le phénomène intermédiaire, savoir où et comment ils se forment après être entrés et avant de sortir.

183. — Sous le point de vue qui nous occupe, les principes immédiats, considérés en eux-mêmes, offrent trois ordres de faits à considérer : d'abord se présente l'idée de leur entrée et de leur sortie; mais de ces deux faits le premier se subdivise, et il faut étudier l'origine des matériaux, puis la formation des principes.

Nous avons donc à faire l'examen des faits statiques suivants :

1° Origine des principes immédiats, comprenant : { A. L'origine de leurs matériaux. B. La formation des principes.
2° En dernier lieu........................ C. L'issue des principes.

Ce qui, dans la partie de la physiologie correspondant à cette division de l'anatomie, conduit à étudier les phénomènes se passant dans l'organisme qu'on doit rapporter au rôle dynamique, c'est-à-dire aux propriétés :

1° Des principes qui entrent;
2° De ceux qui sortent;
3° De ceux qui restent;

Car les extrêmes doivent être connus pour pouvoir apprécier convenablement les cas intermédiaires.

A. *Origine des matériaux des principes immédiats.*

184. — L'ovule, avant la fécondation, est un produit qui fait partie de l'être qui le porte; il se nourrit à la manière d'un élément anatomique quelconque, en empruntant des principes tout formés aux parties des corps ambiants. Peut-être seulement emprunte-t-il les matériaux de ces principes, mais alors qu'ils font encore partie essentielle de l'être vivant, c'est-à-dire qu'ils sont encore soumis au double mouvement d'échange qui les transporte d'un élément à un autre, d'une humeur à un tissu, ou réciproquement, jusqu'à ce qu'ils soient rejetés en dehors. Après la fécondation, c'est réellement le même fait qui continue à s'opérer chez tous les vivipares jusqu'au moment de la naissance. A cette époque l'air intervient d'abord pour fournir des principes immédiats, puis en même

temps ou peu à peu, quand le jeune se nourrit de lait, interviennent des matériaux liquides et solides venus du dehors. Chez les ovipares, et pendant la germination des graines des principes immédiats, où leurs matériaux sont empruntés au vitellus ou à l'endosperme, parties vivantes douées encore du mouvement nutritif, constituées de parties semblables ou analogues à celles de l'être qui a produit le germe ; une autre partie des principes est empruntée à l'air ou à l'eau.

Nous voyons dès à présent que la formation de l'ovule ne peut être ramenée à une formation de principes immédiats, car c'est à l'aide de principes immédiats tout formés, et participant au double acte vital élémentaire, que naît le germe qui plus tard sera fécondé. Et ce germe *naît* par formation de toutes pièces (ovules), comme naissent tous les éléments anatomiques qui portent parmi leurs propriétés celle de se détacher pour se renouveler incessamment ; ou bien ce n'est même qu'une portion de la substance de l'être qui se développe plus que les autres et se détache (gemmes, bourgeons, boutures). Dans ce dernier cas seulement, le germe une fois formé emprunte immédiatement des matériaux au milieu extérieur ; dans le premier, au contraire, il les emprunte pendant longtemps encore directement à l'être dans lequel il s'est formé (vivipares), ou bien à une masse de substance vivante (jaune de l'œuf) qui lui a été surajoutée pendant qu'il faisait encore partie de l'être dans lequel a eu lieu sa formation.

185. — Les remarques suivantes, extraites presque textuellement des écrits de M. Chevreul (1), achèveront l'exposé de ces faits. Afin de compléter ces idées, j'ajouterai, dit M. Chevreul, encore quelques considérations relatives à l'assimilation de la matière qu'ils prennent aux aliments.

Il existe un rapport intime entre la composition chimique d'un aliment et celle de l'être auquel il sert de nourriture.

(1) CHEVREUL, *Considérat. sur la mat. organisée* (*Journal des savants*, année 1837).

Mais pour apprécier ce rapport, il faut distinguer les deux cas qui peuvent se présenter :

1° Celui où l'être vivant tire sa nourriture d'une matière contenue dans une graine ou dans un œuf, ou directement dans un autre être vivant;

2° Le cas où l'être vivant croît *principalement* aux dépens des corps extérieurs, comme le fait une plante pourvue d'organes verdoyants ou un animal adulte.

1er *cas.* Entre la germination de la graine et le développement du germe d'un œuf, il y a ce rapport qu'une certaine température et le contact de l'oxygène atmosphérique sont indispensables. Et il y a cette différence que la plupart des graines ne germent qu'en prenant de l'eau au dehors, tandis que les œufs, au moins ceux des oiseaux, contiennent une plus grande quantité de ce liquide qu'il n'en faut pour le développement du germe; d'après mes expériences, ils en perdent un sixième, terme moyen pendant l'incubation. Le jeune végétal trouve donc dans la graine, comme le jeune animal dans l'œuf ou dans sa mère, tous les principes immédiats nécessaires à son développement; sauf, pour les ovipares, la température et le gaz atmosphérique, et pour la germination l'eau et les sels venant du dehors.

La nature des principes immédiats contenus dans la graine et dans l'œuf rend parfaitement compte du rôle qu'ils jouent comme matière propre au développement du germe; en effet, ils offrent l'un et l'autre les types principaux des matières que l'on trouvera plus tard dans l'être tout à fait développé.

Si des ovipares passant aux mammifères, nous envisageons le jeune animal relativement au lait qui le nourrit pendant les premiers temps, nous remarquons que les principes immédiats constituant ce liquide sont en très grand nombre, et qu'ils représentent des types de composition très variés, savoir : des principes cristallisables du premier groupe, tels sont les sulfates, chlorures, etc.; et, enfin, des substances organiques, tant corps gras que substances azotées (beurre, caséine). Sous ce double rapport, ils sont donc éminemment

propres à s'assimiler, c'est-à-dire à se combiner molécule à molécule aux principes tout à fait semblables ou analogues déjà existant dans les organes qu'ils doivent nourrir.

2e *cas*. Si nous considérons les végétaux développés pourvus de parties vertes, les animaux supérieurs sevrés de leur mère, nous apercevrons entre eux une grande différence dans leurs facultés respectives de s'assimiler la matière du monde extérieur.

Les végétaux, moins compliqués dans leur organisation que les animaux, peuvent s'assimiler l'eau et le gaz, le carbonique, par exemple; d'un autre côté, les engrais nécessaires à leur complet développement présentent des matières organiques plus ou moins altérées au moment où elles pénètrent dans leur intérieur.

Tel est le rapport des principes immédiats de l'aliment à ceux du végétal dans l'état normal. L'assimilation des aliments puisés à l'extérieur ne s'opère dans les plantes que sous des influences extérieures de lumière et de température, de sorte que, hors de ces circonstances, les fonctions de ces êtres restent suspendues, ainsi que nous le voyons en hiver ou quand nous les plongeons dans une glacière.

En passant des plantes aux animaux, nous voyons que plus l'organisation de ces derniers est compliquée, plus les aliments dont ils se nourrissent sont complexes et analogues par leurs principes immédiats aux principes des organes qu'ils doivent entretenir.

En définitive, on voit que les végétaux se nourrissent d'eau, d'acide carbonique, d'autres gaz et de matières organiques à l'état d'engrais, ou en d'autres termes altérées, c'est-à-dire ramenées à l'état de principes plus simples, plus solubles. Au contraire, les animaux plus élevés dans l'échelle organique ont besoin de matières bien plus complexes quant aux principes immédiats qui les composent, et plus variées dans leurs propriétés (1).

(1) CHEVREUL, *Considérations sur la matière organisée* (*Journal des savants*, année 1837).

186. — La chimie moderne, en découvrant la nature, c'est-à-dire la composition élémentaire et immédiate de l'atmosphère, de l'eau, du gaz acide carbonique, des *principes immédiats des plantes et des animaux*, a donc parfaitement défini les rapports existant entre la composition des êtres organisés et celle de la matière aux dépens de laquelle ils s'accroissent, puisqu'elle a retrouvé dans cette matière tous les éléments des premiers. Mais après la découverte de ce rapport général, il reste des recherches difficiles et nombreuses à tenter pour reconnaître comment il se fait, chimiquement parlant, qu'un aliment pris par un animal voit ses principes divisés en deux portions, l'une qui pénètre dans l'intérieur des organes pour s'unir à leurs principes et entretenir l'un des actes de la vie, tandis que l'autre portion est rejetée au dehors (1).

187. — Sous ce rapport, les principes immédiats se divisent :

1° En principes dont les matériaux viennent du dehors. Ils comprennent :	*a.* Principes dont les matériaux sont des espèces de corps n'ayant pas vécu ou pouvant n'avoir pas vécu. (Beaucoup de végétaux n'empruntent pas d'autres matériaux au dehors pour la formation de leurs principes.) *b.* Principes dont les matériaux sont des corps ayant déjà vécu soit dans les plantes, soit dans des animaux. (Tous les animaux et beaucoup de plantes ont besoin, outre les précédents matériaux, de ceux-ci, pour la formation de leurs principes.)
2° En principes dont les matériaux viennent du dedans.	*c.* Principes, en un mot, dont les matériaux viennent de l'organisme où ils se forment, c'est-à-dire participaient déjà aux actes nutritifs de l'être où se forme le principe.

a. Principes dont les matériaux venant du dehors sont des corps n'ayant pas vécu ou pouvant n'avoir pas vécu.

188.— Ces principes sont empruntés directement ou quelquefois indirectement aux milieux solides, liquides ou gazeux qui nous entourent.

(1) Chevreul, *loc. cit.*, 1837.

Ce sont les suivants :

1. Oxygène.
2. Hydrogène.
3. Azote.
4. Eau.
5. Chlorure de sodium.
6. Chlorure de potassium.
7. Chlorure d'ammonium.
8. Carbonate de chaux.
9. Carbonate de magnésie.
10. Carbonate de soude.
11. Carbonate de potasse.
12. Sulfate de soude.
13. Sulfate de potasse.
14. Sulfate de chaux.
15. Phosphate neutre de soude.
16. Phosphate acide de soude.
17. Phosphate de potasse.
18. Phosphate basique de chaux.
19. Phosphate acide de chaux.
20. Phosphate de magnésie.

A ces principes on ajoutera ceux dont la constitution chimique réelle dans l'organisme n'est pas encore connue, comme la silice, le fer, le cuivre, le plomb, etc. Il en est d'autres que nous n'avons pas énumérés parmi ceux-là, comme les bicarbonates, parce que l'acide en excès qui les fait passer à l'état de bicarbonate se forme dans l'organisme dont peut-être une partie vient du dehors avec les aliments et l'autre se forme dans l'organisme.

189. — De ces principes les uns sont gazeux, comme l'oxygène, l'hydrogène et l'azote; ils pénètrent par le poumon ou la peau.

Ceux qui sont liquides, comme l'eau, pénètrent par les voies digestives surtout, et servent de véhicule à ceux qui sont solides comme les différents sels solubles. Les solutions de ceux-ci servent à leur tour de dissolvant pour les sels insolubles, tels que les sels de chaux, lesquels peuvent encore être dissous soit (carbonates ou phosphates) par les eaux chargées d'acide carbonique.

Du reste, il est de ces principes qui ne viennent pas exclusivement des milieux géologiques; ils peuvent pénétrer en partie avec des matériaux ayant déjà vécu, dont ils sont eux-mêmes partie constituante, mais c'est toujours là un mode accessoire d'origine.

Ces principes sont tout à fait semblables aux composés naturels du règne minéral; ce sont des mêmes espèces. On désigne souvent le groupe naturel qu'on en peut former sous le nom de *principes d'origine minérale*.

b. Principes dont les matériaux venant du dehors sont eux-mêmes des principes immédiats ayant déjà participé aux actes nutritifs d'un être autre que celui dans lequel ils pénètrent.

190. — Ce sont toutes les substances organiques non cristallisables, comme :

1. Albumine.
2. Fibrine.
3. Caséine.
4. Globuline.
5. Albuminose.
6. Pancréatine.
7. Kératine.
8. Musculine.
9. Élasticine.
10. Osséine.
11. Cartilagéine.

Les matériaux de ces principes arrivent par les voies digestives exclusivement. Introduits dans l'intestin avec les précédents, c'est surtout à leur aide qu'ils pénètrent dans l'économie, ce sont eux qui leur servent de véhicule et quelquefois de conditions de dissolution.

D'autres principes encore dont nous aurons bientôt à parler interviennent du reste aussi, surtout comme condition de dissolution et liquéfaction : tels sont l'acide lactique du suc gastrique, plusieurs des principes de la bile, etc.... Mais encore faut-il prendre en considération que ces principes-là ne sont pas les seuls de tous ceux des sucs gastrique et biliaire qui soient nécessaires, et que tous interviennent pour une certaine part.

Les principes dont nous venons de donner l'énumération ne pénètrent pas tout formés dans l'organisme, ce sont leurs matériaux seulement qui y entrent. Ces matériaux sont des substances d'une constitution analogue à la leur, matériaux dont la formation a eu lieu dans les végétaux, qui seuls ont généralement la propriété de les former à l'aide des matériaux que nous avons énumérés dans le premier groupe et autres analogues, tous en général puisés directement par eux dans les milieux cosmologiques solides, liquides ou gazeux.

Ces matériaux élaborés par les végétaux y forment les substances grasses ou azotées ; des plantes sont mangées par les herbivores et accessoirement par les omnivores, et servent

de matériaux pour la formation des principes dont nous venons de donner la liste. Les principes immédiats de cet ordre du corps des herbivores servent également à leur tour de matériaux pour la formation des principes analogues qu'on trouve chez les carnivores et chez les omnivores.

c. Principes dont les matériaux viennent du dedans, dont les matériaux viennent des principes participant déjà aux actes nutritifs de l'organisme où a lieu la formation.

191. — Ce sont les suivants :

1. Acide carbonique.
2. Hydrogène protocarboné.
3. Hydrogène sulfuré.
4. Carbonate d'ammoniaque.
5. Phosphate ammoniaco-magnésien.
6. Acide lactique.
7. Lactate de potasse.
8. Lactate de soude.
9. Lactate de chaux.
10. Acétate de soude.
11. Acide urique.
12. Urate de potasse.
13. Urate de soude.
14. Urate de chaux.
15. Urate d'ammoniaque.
16. Urate de magnésie.
17. Acide hippurique.
18. Hippurate de chaux.
19. Hippurate de soude.
20. Hippurate de potasse.
21. Inosate de potasse.
22. Oxalate de chaux.
23. Urée
24. Allantoïdine.
25. Cystine.
26. Créatine.
27. Créatinine.
28. Leucine.
29. Choléate de soude.
30. Glycocholate de soude.
31. Hyocholinate de soude.
32. Acide pneumique.
33. Acide stéarique libre du sang.
34. Acide margarique, *id.*
35. Acide oléique, *id.*
36. Margarine.
37. Stéarine.
38. Oléine.
39. Butyrine.
40. Hyrcine.
41. Cholestérine.
42. Sucre de diabète.
43. Sucre de lait.

L'acide carbonique tire ses matériaux soit des substances grasses, soit des corps azotés, ou même de quelques uns des principes de ce groupe-ci, comme du sucre ou des lactates. Le carbonate d'ammoniaque les emprunte aux substances azotées. L'urée, l'acide urique, l'hippurique, la créatine, la créatinine, etc., les empruntent aux mêmes substances. Les acides stéarique, margarique et oléique libre, empruntent les leurs aux substances grasses. Les différents sels des acides précédents, l'hydrogène sulfuré, etc., tirent leurs bases des principes du premier groupe.

On ne sait pas encore auxquels des principes précédents les sucres empruntent leurs matériaux, mais on sait qu'ils se forment dans l'économie à l'aide de ceux que leur fournit la substance du corps. De plus, le foie a la propriété de transformer en glucose le sucre de canne, et enfin du glucose provenant de l'amidon qui pendant la digestion a subi la catalyse glucosique peut directement être introduit dans l'économie. Quelques principes particuliers, comme la cystine et les acides des sels biliaires, tirent leurs matériaux probablement des substances azotées, sulfurées, mais on n'a encore que des soupçons ou des hypothèses sur plusieurs de ces points. Ils seront discutés quand il y aura lieu, dans l'histoire particulière de chaque principe. Nous verrons que l'on ne peut pas toujours considérer comme démontrées les hypothèses de quelques chimistes sur l'origine de ces matériaux. Plusieurs sont possibles; pour plusieurs même on ne voit pas comment les choses pourraient être autrement; mais nous savons encore si peu à cet égard, les conditions complexes dans lesquelles se trouvent les principes immédiats sont si peu étudiées, qu'on ne saurait considérer comme démontré un fait par cela seul qu'on ne peut le concevoir autrement que comme l'indique telle ou telle hypothèse chimique.

192. — Les principes des deux premiers groupes, ou leurs matériaux, pénètrent par les voies digestives et pulmonaires; le résultat de leur pénétration est l'accroissement de la substance du corps, la formation des principes qui la constituent. Les matériaux des principes du dernier groupe viennent des principes précédents qui se décomposent; le résultat de leur formation et de leur issue est le décroissement de la substance du corps. L'arrivée et la formation des premiers, la formation et l'issue de ces derniers, ont pour résultat la rénovation de cette substance et la caractérisent. L'intégrité de ce double acte élémentaire est la condition nécessaire de l'intégrité des autres actes que manifeste la substance organisée dans les divers degrés de complication qu'elle est sus-

ceptible de présenter. La connaissance exacte de la manière dont cet acte s'opère pour chaque principe séparément est la condition la plus nécessaire pour arriver à connaître exactement les phénomènes de nutrition.

De plus, elle est nécessaire pour arriver à posséder le même ordre de notions relativement aux divers principes accidentels, thérapeutiques ou toxiques; connaissance qui est à son tour la base de la thérapeutique non purement empirique. Jusqu'à présent cet ordre de questions capitales, puisqu'elles dominent toutes les autres, n'ayant pas été posé nettement, on est toujours allé au hasard et sans trop savoir qu'étudier quand on a expérimenté. C'est plutôt guidé par un sentiment de curiosité, pour savoir ce qu'il arriverait, mais sans se proposer un but réel d'application, qu'on a injecté divers principes dans le sang ou qu'on les a introduits dans l'estomac des animaux. Il faut en excepter les recherches déjà citées de M. Cl. Bernard. On ne pouvait guère faire autre chose, du reste, tant qu'on ne connaissait pas exactement les principes normaux.

193. — A part l'acide carbonique, l'hydrogène sulfuré, l'hydrogène carboné, le carbonate d'ammoniaque et le phosphate ammoniaco-magnésien, qui sont semblables aux corps que nous pouvons produire artificiellement, les principes que nous venons d'énumérer en dernier lieu diffèrent de ceux dont les matériaux sont puisés dans les milieux inorganiques. Leur composition élémentaire est plus complexe, et leur stabilité moindre. Leurs caractères physiques, ainsi que nous le verrons, présentent des particularités coïncidant avec les faits précédents. C'est ainsi, par exemple, que leur mode de cristallisation présente souvent quelque chose de spécial, et surtout qu'il présente à l'œil, soit par réflexion, mais surtout par la réfraction, quelque chose de tout particulier; d'où l'on est conduit souvent, d'après cet aspect seul, à reconnaître leur origine.

Ces corps forment le groupe des principes immédiats le plus nombreux en espèces, surtout quand on aborde l'étude des principes des différents animaux et végétaux. On désigne souvent

ces corps sous le nom de *principes d'origine organique*, en raison de la source d'où ils proviennent. On n'en retire, en effet, aucun du règne minéral qui leur soit semblable.

Ce sont ces corps cristallisables, se formant dans les êtres vivants et empruntant directement leurs matériaux à leur substance, qui, décomposés ou combinés ensemble, ou avec des composés minéraux naturels et artificiels, constituent cette classe de corps dont on a cru devoir faire une branche spéciale d'études chimiques (*chimie* dite *organique*), en raison de l'origine de ceux qui se forment naturellement. En même temps, conséquence naturelle de ce vice de méthode qui fait classer les études d'après l'origine des corps et non d'après l'objet et le sujet des études, on était conduit à faire des composés naturels d'origine minérale une autre branche d'étude sous le nom de *minéralogie*, ne laissant à la chimie que les corps simples et les composés artificiels.

B. *De la formation des principes immédiats.*

194. — La *Formation* des principes immédiats n'est pas une *naissance*, c'est un fait chimique, soit combinaison directe, soit catalyse métamorphosante ou avec dédoublement. Ce n'est pas comme pour les êtres vivants ce fait vital, caractérisé par la production par un être vivant, à l'aide de principes variés, d'un élément anatomique spécial (ovule) ou d'un gemme; ovule ou gemme qui dès leur première apparition ont un volume déterminé, qui apparaissent de prime abord avec certaines dimensions, pouvant ensuite se développer ou non. Mais on ne les voit nullement, comme les composés chimiques qui se forment, partir de l'état de molécule physique, ou mieux de l'état de cristaux à peine perceptibles aux plus forts pouvoirs amplifiants, qui s'accroissent rapidement ou lentement, ou cessent brusquement de grossir, selon l'état du liquide où a lieu leur formation.

L'ovule donc, dès sa *naissance*, a, comme tout élément anatomique, un volume déterminé, et sa substance est vivante ellemême et douée pendant la durée de sa vie, comme ovule,

d'une certaine indépendance envers les parties formées d'une substance pareille ou analogue à la sienne. Naturellement, la formation des principes immédiats n'est pas non plus un développement, car *développement* suppose naissance ; celui-ci est caractérisé par l'augmentation incessante de la masse de l'individu, par suite d'addition de nouveaux principes à ceux qui se sont réunis pour donner naissance au nouveau germe ou à ses nouvelles parties. Le développement suppose bien la naissance accomplie, mais il n'en est pas une suite ou conséquence nécessaire ; car il se pourrait que, la naissance de l'ovule ayant eu lieu, il n'y eût que nutrition, avec égalité dans la masse des principes absorbés et celle de ceux qui sont exhalés, sans cette prédominance des premiers sur les seconds qui entraîne et caractérise le développement.

La formation de chaque principe immédiat pris à part est un fait chimique. C'est un acte moléculaire. Nous n'avons pas à traiter ici des lois de ces combinaisons chimiques, puisque la plupart des principes étant des composés définis, il s'agit là des mêmes lois qui régissent tous les phénomènes chimiques. Pourtant, dès cette partie de l'anatomie, nous aurons à étudier les lois de la formation de ces principes immédiats dont l'étude appartient en entier à l'anatomie et non à la chimie : ce sont les principes connus sous le nom de *substances organiques* en raison de leur composition par des corps unis en proportion indéterminée, non définie.

195. — Pour ceux des principes immédiats qui sont assimilés, c'est-à-dire, *unis pour un temps avec les principes déjà existants, de manière à faire partie constituante de la substance des éléments jouissant de propriétés vitales*, il y a à voir s'ils sont assimilés en conservant la même nature chimique qu'ils avaient en faisant partie de l'aliment. Il faut, en un mot, rechercher si l'on trouve dans l'être vivant le principe immédiat assimilé encore tel qu'on le trouve dans les aliments. A cet égard, on sait déjà que la légumine, le gluten et autres principes des végétaux sont assimilés en conservant la même composition *élémentaire*, mais ayant acquis des propriétés

nouvelles prouvant un changement de *composition immédiate.* Il reste encore à préciser quels sont les principes de ces substances organiques qui sont modifiés ; par suite de quelles modifications chimiques, par conséquent, ils deviennent aptes à être assimilés.

196. — Outre les modifications *successives* que subissent les principes immédiats des aliments pour arriver jusqu'à l'état de principes faisant réellement partie des éléments anatomiques en action, il reste encore à prendre les principes lorsqu'ils sont encore à cet état et à suivre les simplifications, graduelles également, par lesquelles ils passent dans les tissus avant que les éléments chimiques qui les constituent reviennent à l'état cristallisable.

Ces trois questions sont déjà posées par M. Chevreul (1).

197. — Enfin, il serait nécessaire de résoudre ce problème avant celui qui précède; il faudra faire ses efforts pour reconnaître quels sont les principes immédiats qui fournissent pour la formation de tels et tels autres principes. Il faudra chercher à voir, par exemple, quels sont les principes qui fournissent à la formation du sucre dans le foie, lorsqu'on nourrit un animal uniquement avec des aliments azotés, et si même les substances amylacées fournissent à la formation de ce principe. Une fois reconnu ceux qui concourent à cette formation, il sera nécessaire de rechercher la nature des modifications chimiques successives qu'ils présentent, lorsqu'ils cèdent quelques uns de leurs éléments pour former du sucre ou d'autres principes.

Il est à remarquer, sous ce rapport, que les végétaux peuvent seuls avec de l'eau et de l'air, c'est-à-dire avec des matières minérales n'ayant pas vécu, former des principes immédiats non cristallisables, ou substances organiques. Encore est-il qu'il faut signaler qu'ils ne font qu'augmenter la quantité de ceux qui existaient en eux, ce qui est certainement bien différent que d'en faire de toutes pièces sans la présence de corps ana-

(1) Chevreul, *loc. cit.*, 1837.

logues. Toutefois les animaux ne peuvent pas faire ce que font les végétaux, ils ne vivent essentiellement que de choses ayant vécu ; c'est-à-dire qu'ils ne font que modifier des substances organiques pour se les assimiler. Mais ils ne peuvent pas augmenter la quantité de celles qu'ils renferment déjà en n'absorbant que des matières minérales. Il faut pour eux de toute nécessité que ce soient des substances organiques qui fassent la base de leur alimentation ; avec elles, ils font des substances semblables aux leurs en les modifiant légèrement, par les actes chimiques ou moléculaires indirects dont nous allons donner l'énoncé. Les végétaux vivent plus énergiquement, plus facilement, si on leur donne des *substances organiques* pour matières nutritives, ils les transforment en d'autres analogues aux leurs ; mais à la rigueur ils peuvent s'en passer et en faire avec des principes minéraux, et eux seuls le peuvent.

198. — *En résumé*, on peut voir que, sous le rapport de la formation, les principes immédiats se divisent en trois groupes très naturels, liés entre eux de la manière suivante :

Formation des principes immédiats.

- 1° Principes immédiats dont la FORMATION a lieu HORS DE L'ORGANISME.
  - *a*. Ils pénètrent *tout formés* dans l'économie. Ce sont tous les principes qui, venant du dehors, n'ont pas vécu ou peuvent n'avoir pas vécu, ou *principes d'origine minérale*.
- 2° Principes immédiats dont la FORMATION a lieu DANS L'ORGANISME :
  - *b*. *Par assimilation*. Ce sont tous les principes dont, chez les animaux et quelques végétaux, les matériaux venant du dehors ont déjà vécu ; et ceux qui dans la plupart des végétaux se forment de toutes pièces à l'aide des matériaux venus directement du dehors, sans avoir jamais vécu. Ce sont, en un mot, tous les principes immédiats non cristallisables, de composition chimique non définie.
  - *c*. *Par désassimilation*, c'est-à-dire par combinaison ensemble, de matériaux provenant des principes précédents. Ce sont tous les principes dont les matériaux ont déjà participé au mouvement nutritif dans l'être même où a lieu la formation.

199. — Les éléments chimiques dont sont formés les principes immédiats viennent tous du dehors. Il n'est pas un seul élément chimique qui se forme de toutes pièces dans l'organisme ; tous ceux qu'on y rencontre y ont été introduits. Cette question a dû être résolue expérimentalement et l'a été. C'est ainsi que l'œuf de poule, au moment de l'éclosion, contient le même poids de cendres qu'avant d'être couvé et n'en contient pas plus. A l'exception des principes immédiats gazeux suivants, oxygène, hydrogène, azote, il n'en est pas qui pénètrent à l'état de corps simple. Tous les autres sont introduits tout formés, tels qu'ils étaient au dehors à l'état de corps composés.

a. Principes immédiats qui pénètrent tout formés, du dehors dans l'organisme.

200. — Ces principes sont :

1. L'oxygène.
2. L'hydrogène.
3. L'azote.
4. L'eau.
5. Le chlorure de sodium.
6. Le chlorure de potassium.
7. Le chlorhydrate d'ammoniaque très probablement.
8. Le carbonate de chaux.
9. Le carbonate de magnésie.
10. Le carbonate de potasse.
11. Le carbonate de soude.
12. Le sulfate de potasse.
13. Le sulfate de soude.
14. Le sulfate de chaux.
15. Le phosphate neutre de soude.
16. Le phosphate acide de soude.
17. Le phosphate de potasse.
18. Le phosphate de magnésie.
19. Le phosphate acide de chaux.
20. Le phosphate basique de chaux ou des os.

Ils restent généralement dans l'organisme ce qu'ils étaient au dehors. Quelques uns ne restent pas à l'état liquide, mais se combinent à la substance du corps et passent à l'état solide. Tels sont les phosphate et carbonate de chaux qui se fixent à l'ostéine pour former la substance des os, etc. ; mais pour cela ils ne cessent pas d'être ce qu'ils étaient. Dans l'histoire particulière des principes, nous aurons à discuter la question de savoir si le phosphate de chaux des os pénètre dans l'organisme tel que nous le trouvons dans le tissu osseux ; question qui sera résolue affirmativement, puisqu'on trouve

dans le règne minéral le phosphate de chaux $3CaO, PhO^5$ qui se retrouve dans les os. Il est possible, du reste, qu'une partie de ce sel se forme dans l'économie aux dépens des autres phosphates des aliments qui pénètrent avec lui. Quelques autres sels encore se fixent ainsi aux principes azotés, mais sans influer autant sur les caractères extérieurs des substances que les sels de chaux, qui plus que les autres ont cette tendance. Nul de ces principes, du reste, en s'unissant ainsi à des substances organiques pour concourir à former la matière de certains éléments anatomiques, ne cesse d'être ce qu'il était en pénétrant dans l'organisme.

201. — Il faut, du reste, savoir que, dans ce qui précède et dans ce qui suit sur la formation des principes immédiats, nous ne tenons compte que des faits connus. Il en est plusieurs, relatifs à la formation des principes phosphorés du cerveau, par exemple, qu'on ne saurait encore juger actuellement; on ne sait pas encore si le phosphore est emprunté à des phosphates se décomposant dans l'organisme, ou s'il vient de quelque matière végétale. Mais les faits de ce genre qu'il reste encore à étudier d'une manière complète sont peu nombreux et n'infirment en rien ceux qui suivent.

b. Principes immédiats dont la formation a lieu dans l'organisme par assimilation.

202. — Ces principes sont :

1. Albumine.
2. Fibrine.
3. Caséine.
4. Albuminose.
5. Globuline.
6. Pancréatine.
7. Kératine.
8. Musculine.
9. Élasticine.
10. Ostéine.
11. Cartilagéine.

203. — Tous les principes dont la formation a lieu par assimilation se forment chez les *végétaux seulement*, à l'aide des matériaux que représentent les principes du premier groupe ou à l'aide de leurs éléments. Les plantes seules forment ainsi de toutes pièces leurs substances organiques, telles que la cellulose, l'amidon et leurs substances azotées

non définies, non cristallisables. Il est possible que des animaux d'organisation très simple, chez lesquels les phénomènes d'assimilation sont très énergiques, dont les propriétés nutritives se rapprochent ainsi de celles des végétaux; il est possible, disons-nous, que ces êtres forment également de toutes pièces quelques principes immédiats, avec des matériaux n'ayant jamais vécu, à l'aide des principes du premier groupe; mais le fait n'est pas démontré.

Il nous est impossible de fabriquer artificiellement, hors de l'organisme vivant des principes du groupe dont nous traitons, des corps semblables ou analogues à ces principes à composition chimique non définie, non cristallisables; aussi bien de ceux qui ne sont pas azotés que de ceux qui le sont; aussi bien de ceux que forment les plantes, comme la cellulose, l'amidon, que de ceux qu'on ne trouve que chez les animaux, ou à la fois chez eux et dans les plantes, comme les substances azotées. C'est là un fait réellement certain.

C'est ce fait qui a conduit spontanément à donner depuis longtemps à ces principes la désignation générale de *substances organiques*; parce que, en effet, ce n'est que des corps organisés qu'on les obtient. C'est pour n'avoir pas voulu se soumettre à cette impossibilité et ne l'avoir pas franchement admise que l'on cherche quelquefois encore à s'en rendre compte, d'après ce que nous connaissons des lois des combinaisons chimiques proprement dites ou directes. Et c'est là surtout ce qui a empêché d'étudier par des expériences faites sur des plantes prises à divers âges de leur développement : 1° les conditions de la formation de ces principes; 2° les phénomènes de cette formation. Aussi ne possédons-nous encore à cet égard guère que des hypothèses, ce qui est très fâcheux, car cette notion préalable serait d'une grande utilité pour résoudre la question de l'assimilation des substances organiques par les animaux.

Nous connaissons pourtant déjà un fait important, c'est que les principes connus sous le nom de *substances organiques*, même celles des végétaux, ne se forment que dans les

êtres vivants; eux seuls remplissant les conditions complexes nécessaires à leur formation. Ainsi déjà on peut savoir que cette formation rentre dans le groupe des actes chimiques ou moléculaires indirects ou de contact (1). C'est-à-dire que l'acte de combinaison des éléments qui donne lieu à la formation du principe non cristallisable ne peut s'opérer qu'autant que ces matériaux se trouvent en présence d'un corps qui, sans rien fournir par lui-même, est pourtant nécessaire à l'accomplissement de la combinaison. Il semble agir par sa seule *présence*, par *contact*, d'où les noms de *phénomène de présence*, *de contact* ou *catalytique* qui ont été donnés; ou du moins qui ont été donnés aux actes moléculaires ou chimiques analogues à ceux-ci, qu'on peut obtenir hors de l'organisme vivant. Il y en a de différentes sortes : 1° ceux qui donnent lieu à des combinaisons, des transformations isomériques et des dédoublements, reçoivent le nom général de *catalyses;* 2° ceux qui donnent lieu à la décomposition des composés sont des *fermentations* et des *putréfactions*.

C'est d'après les lois des actes moléculaires de la première catégorie qu'a lieu la formation des substances organiques; elles suivent les lois des catalyses, surtout isomériques. Le *corps catalytique* ou agissant par simple contact sans rien fournir de ses éléments chimiques, c'est la substance organique déjà existante, semblable ou analogue à celle qui va se faire : car, nous l'avons dit, nul de ces principes dont nous parlons ne se forme si déjà il n'en préexiste de semblables ou très analogues à lui; nul ne se forme hors d'un être organisé vivant. Prenez l'œuf, l'ovule, la spore, le gemme ou bourgeon végétal ou animal le plus petit, le plus simple, où vont se former des substances organiques et autres principes qui augmenteront la masse de ces germes, déjà vous y trouverez des espèces de principes analogues ou sem-

(1) Voyez CH. ROBIN, *Tableaux d'anatomie*, in-4°, 1850, 10e tableau, et plus loin, chap. IV de ce livre.

blables à celles que vous allez voir se former. Et remontez aussi loin que possible dans le temps et dans l'espace, et partout vous retrouverez un être préexistant à celui dans lequel vous étudiez expérimentalement la formation de ces principes. C'est en vain, que vous appuyant sur les théories chimiques les plus transcendantes, vous essayerez de vous débarrasser de cet obstacle qui s'oppose à une conception purement intellectuelle de ces actes moléculaires, de la formation de ces principes immédiats, toujours l'observation, l'expérience vous ramèneront à la réalité que nous venons de rappeler et à laquelle il faut se soumettre.

204. — Ainsi, sans connaître encore en particulier, pour tous les principes dont nous parlons, les détails des conditions nécessaires à leur formation, sans connaître non plus pour chacun d'eux les phénomènes de cette formation, nous savons que c'est un phénomène chimique, et que c'est un phénomène chimique indirect ou catalytique. Ce n'est pas un phénomène chimique direct ou du premier ordre (1); ceux-ci sont surtout propres aux actes chimiques inorganiques ou minéraux ; ce n'est que rarement, et plutôt après la mort, ou quelquefois dans les actes de désassimilation, que les phénomènes chimiques de cet ordre s'observent dans le règne biologique. Ils sont surtout caractéristiques des actes moléculaires des corps qui n'ont pas vécu ou ne vivent plus ; les *catalyses*, au contraire, s'observent exceptionnellement dans ces circonstances, tandis qu'elles ont lieu normalement dans le règne organique où elles prennent leur plein développement.

205. — Nous voyons, dès à présent, que le mot ASSIMILATION désigne d'une manière générale, le *phénomène par lequel une espèce de corps qui a pénétré moléculairement dans l'organisme par une voie quelconque* S'UNIT ET DEVIENT SEMBLABLE *aux espèces qui constituent la substance de celui-ci, et participe aux actes qu'elle accomplit.*

(1) Voyez, *loc. cit.*, ci-dessus.

Examinons maintenant successivement les cas particuliers d'assimilation, en tenant compte toujours à la fois du lieu ou des conditions dans lesquelles s'accomplit le phénomène, et des corps qui sont directement en jeu dans cet acte.

1° Sous ce dernier rapport, nous voyons que l'*assimilation* des principes immédiats du premier groupe est caractérisée, suivant qu'ils sont liquides ou solides, par un simple mélange ou dissolution de ces principes dans ceux existant déjà ; chez d'autres on observe un plus haut degré d'intensité du phénomène : c'est la fixation des sels de chaux et de quelques uns de magnésie ou de soude, etc., aux substances organiques.

Cette fixation présente un assez haut degré d'intensité ; il y a union directe du sel aux substances organiques ; celle-ci est analogue au fond à la combinaison que nous obtenons à l'aide des sels de mercure, de zinc, d'alumine, etc., d'une part, et des substances azotées, comme l'albumine, la fibrine, etc., d'autre part : elle est certainement moins fixe, ce qui tient à la nature différente des sels, mais c'est l'union de ce genre la plus fixe qu'on trouve dans l'économie. Il faut l'étudier en elle-même, comme dans un but thérapeutique ou toxicologique on a étudié la manière dont se comportent les sels métalliques et les diverses substances organiques ; car, d'une part, les caractères bien tranchés des substances azotées comme espèces de corps organiques, mais non chimiques, le permettent ; et, d'autre part, leur constitution est trop complexe pour qu'on puisse prévoir les résultats de la combinaison.

En un mot, l'assimilation des principes immédiats d'origine minérale est au fond un phénomène chimique direct, mais des plus simples, savoir : généralement de ceux connus sous le nom de dissolution, et quelquefois de ceux qui, plus fixes, constituent de véritables combinaisons ou unions molécule à molécule. Ayant lieu entre un composé défini et une substance organique, cela suffit pour leur donner un cachet particulier que n'ont pas les combinaisons entre deux corps cristallisables. Cette union assimilatrice molécule à molécule

entre un composé défini, principe d'origine minérale, et une ou plusieurs substances organiques, constitue, dans l'organisme vivant, ce que l'on appelle *incrustation* ou *encroûtement*. Ce mot s'emploie surtout dans un sens pathologique. Cette union prend le nom d'*ossification* dans le cas spécial du cartilage, et non dans d'autres cas, ce qu'il importe de signaler, à cause de la trop grande extension donnée à ce dernier mot, tant qu'on ne savait pas que l'os avait des caractères tout à fait spéciaux et un mode de développement en rapport avec ces caractères.

Nous avons déjà fait remarquer que, dans cette assimilation, les principes du premier groupe restent ce qu'ils étaient avant, tandis que ceux du groupe dont nous parlons, les substances organiques, ont un mode d'assimilation caractéristique, qui est une formation. Assimilation à la matière déjà vivante et formation est tout un pour eux; d'où vient qu'on dit qu'ils se forment par *assimilation*, c'est-à-dire qu'ils se forment en même temps que leurs matériaux, de dissemblables qu'ils étaient aux matières déjà existantes dans le corps, leur deviennent identiques ou analogues.

206. — Le mode précédent d'assimilation le plus simple de tous, caractérisé par l'union chimique directe molécule à molécule des principes d'origine minérale, soit avec les liquides par dissolution, soit avec les substances organiques par union plus fixe; ce mode d'assimilation est commun aux plantes et aux animaux.

2° Mais chez les végétaux, et peut-être quelques animaux les plus simples, on trouve en outre un *mode d'assimilation* plus élevé : c'est celui dont l'accomplissement a pour résultat la formation des substances organiques à l'aide des matériaux fournis par les principes puisés directement dans les milieux minéraux.

La formation d'un corps nouveau nous montre qu'il s'agit ici, comme plus haut, d'un phénomène chimique; seulement c'est un phénomène d'ordre indirect, et non pas l'union directe d'un corps à un autre, c'est une *catalyse combinante*. Enfin,

nous verrons plus loin que chez les animaux élevés et quelques végétaux supérieurs, l'assimilation des matériaux ayant déjà vécu, caractérisée par la formation de substances organiques à leur aide, est aussi un phénomène chimique indirect, mais du groupe des *catalyses isomériques*. Ou réciproquement, nous verrons que la formation des substances organiques, soit chimique indirecte, est caractérisée par ce fait, que des matériaux dissemblables à ceux de l'organisme vivant lui deviennent semblables.

Ce qui caractérise le mode d'assimilation par les végétaux des matériaux n'ayant pas vécu, c'est la formation des substances organiques par combinaison chimique indirecte des matériaux venus du dehors. C'est là un fait chimique dont le résultat est la formation d'un nouveau corps, non défini, non cristallisable, doué de propriétés particulières ; mais c'est un fait chimique indirect, c'est-à-dire de ceux qui, pour s'accomplir, outre diverses conditions ordinaires de température, d'électricité, de dissolution, etc., nécessitent la présence d'un corps qui ne cède rien, ne prend rien, et semble n'agir que par sa présence. Pour la formation des substances organiques, le corps, dont la présence est nécessaire, est également une substance organique déjà vivante, et le nouveau principe qui se forme est identique avec lui ou lui est analogue.

Ce fait, joint à la formation d'un corps nouveau à l'aide de matériaux, ne lui ressemblant pas, conduit à ranger ce mode d'assimilation dans les actes chimiques indirects, dans ceux désignés sous le nom de *catalyses combinantes* (1).

207.—Ces trois cas d'assimilation par dissolution ou union directe, par catalyse combinante et par catalyse isomérique, sont autant de faits généraux réunis d'après l'examen des cas spéciaux que nous aurons à envisager dans l'histoire particulière de chaque principe pris à part, toutes les fois que l'étude en aura été suffisamment faite. Dans le cas contraire, nous n'aurons autre chose à faire qu'à poser la question d'une manière plus précise.

(1) Voyez plus loin chap. IV.

208. — Les principes immédiats, dont la formation a lieu dans l'organisme par assimilation sont, chez les animaux et quelques végétaux élevés, tous les principes dont les matériaux venant du dehors ont déjà vécu. Le mode de formation de ces principes est peu étudié, car le problème est posé pour la première fois. Il est peu probable que de longtemps les chimistes qui ont envahi cet ordre d'étude, sans tenir compte assez exactement des conditions dans lesquelles a lieu ce mode de formation, se décident à quitter leur manière d'en traiter, qui est bien plus simple, mais plus absolue, et qui n'est pas en rapport du tout avec la réalité, ainsi qu'on a pu le voir par ce qui précède, etc.

Après avoir éprouvé pendant la digestion une modification isomérique, qui en a changé les modes de coagulabilité et de solubilité, ces matériaux, qui sont des substances organiques, quelquefois modifiées par la coction, se trouvent à l'état d'albumine, de fibrine et d'albuminose dans le sang, qui sont trois substances presque identiques au point de vue de l'analyse élémentaire, mais non de l'analyse anatomique. Elles fournissent à leur tour des matériaux à toutes les substances qui constituent la partie fondamentale des solides, comme l'osséine, la musculine, la kératine, etc. ; celles-ci sont à peu près identiques avec elles quant aux proportions des éléments, mais en diffèrent par leurs propriétés.

Cette formation de musculine, etc., nous ne pouvons pas l'obtenir artificiellement hors de l'organisme vivant, même avec les substances qui nous servent d'aliments. Sans parler des conditions de température, de dissolution, etc., ce n'est qu'en présence, au contact de substances semblables (chez l'adulte) ou analogues (chez l'embryon) que cette formation a lieu. Ainsi, d'une part, la formation de ces substances montre qu'il se passe là un phénomène moléculaire, et, par suite, chimique au fond; d'autre part, la nécessité de la présence d'un corps semblable ou très analogue à celui qui se forme montre que c'est un phénomène chimique indirect ou de contact; et enfin le corps formé ne diffère des matériaux qui ont

servi à sa formation que par ses propriétés, et non essentiellement par sa nature chimique élémentaire, fait qui nous montre qu'il se passe là simplement une catalyse isomérique.

Quoique ce soit un acte moléculaire, que cette formation des substances organiques, celle-ci ne saurait être considérée comme rentrant dans les attributions des recherches des chimistes, car elle se passe dans des êtres vivants, et nécessite de tenir compte par-dessus tout de la disposition anatomique des parties dans lesquelles cet acte a lieu, et des conditions physiologiques qui sont nécessaires à son accomplissement.

Il est impossible d'en aborder l'étude en partant directement des phénomènes chimiques offerts par les corps bruts, il est encore plus impossible de les déduire de ceux-là. Il faut les étudier en eux-mêmes, directement. Ce n'est qu'après avoir procédé ainsi, c'est-à-dire empiriquement en quelque sorte, que nous sommes ensuite arrivés à reconnaître leur coïncidence, leur analogie avec des phénomènes chimiques soit directs, soit de contact ou catalytiques, qu'on étudie en chimie. Ce fait, maintenant connu, réagira sur l'étude des phénomènes qui se passent dans l'organisme, en permettant de se préparer à l'observation de ceux-ci par des recherches approfondies sur les phénomènes artificiels purement chimiques qui leur sont analogues, tels que les catalyses ou fermentations glucosique, lactique, etc., etc.

Il importe d'observer, en terminant, que les catalyses isomériques ou métamorphosantes, quoique étant des actes chimiques, c'est-à-dire moléculaires, sont d'abord des actes chimiques indirects; et quoiqu'on puisse en produire artificiellement, comme dans le cas de la production d'acide lactique avec du sucre, ce sont parmi ceux-ci les moins chimiques de tous, c'est-à-dire ceux qui modifient le moins les corps et de la manière la moins stable. Or la formation des substances organiques chez les animaux à l'aide de matériaux ayant déjà vécu, ou assimilation de ceux-ci, est un phénomène de cet ordre, chimique au fond, mais aussi peu tranché qu'on puisse le concevoir.

c. Principes dont la formation a lieu par désassimilation.

209.— Ce sont tous les principes qui se forment par combinaison ensemble de matériaux provenant des principes des deux groupes précédents.

Ce sont les suivants :

1. Acide carbonique.
2. Hydrogène proto-carboné.
3. Hydrogène sulfuré.
4. Carbonate d'ammoniaque.
5. Phosphate ammoniaco-magnésien.
6. Acide lactique.
7. Lactate de potasse.
8. Lactate de soude.
9. Lactate de chaux.
10. Acétate de soude.
11. Acide urique.
12. Urate de potasse.
13. Urate de soude.
14. Urate de chaux.
15. Urate d'ammoniaque.
16. Urate de magnésie.
17. Acide hippurique.
18. Hippurate de chaux.
19. Hippurate de soude.
20. Hippurate de potasse.
21. Inosate de potasse.
22. Oxalate de chaux.
23. Urée.
24. Allantoïdine.
25. Cystine.
26. Créatine.
27. Créatinine.
28. Leucine.
29. Choléate de soude.
30. Glyocholate de soude.
31. Hyocholinate de soude.
32. Acide pneumique.
33. Acide stéarique libre du sang.
34. Acide margarique, *id.*
35. Acide oléique, *id.*
36. Margarine.
37. Stéarine.
38. Oléine.
39. Butyrine.
40. Hyrcine.
41. Cholesterine.
42. Sucre de diabète.
43. Sucre de lait.

Ces principes se forment dans l'organisme. Là seulement ils trouvent les conditions complexes nécessaires à leur formation. Pourtant quelques uns, comme l'urée, l'allantoïdine et l'acide lactique, peuvent être produits artificiellement.

Leurs matériaux sont empruntés à des principes déjà assimilés, d'où la désignation générale de *formation par désassimilation* employée pour désigner leur mode de formation.

La désassimilation reproduit au fond essentiellement les mêmes actes que l'assimilation, mais seulement c'est en sens inverse. Comme celle-ci c'est également un fait chimique.

210. — Le mot DÉSASSIMILATION désigne d'une manière générale, le *fait par lequel une espèce de composé qui fait partie constituante de la substance de l'organisme se* SÉPARE *de celle-ci pour cesser de participer aux actes qu'elle accomplit.*

Maintenant examinons successivement les cas particuliers de désassimilation, en tenant compte toujours à la fois du lieu ou des conditions dans lesquelles s'accomplit le phénomène et des corps qui sont directement en jeu dans cet acte. Nous verrons que c'est partout une décombinaison de ce qui existait pour donner naissance à des corps qui n'existaient pas auparavant; comme nous avons vu déjà que l'assimilation était aussi partout caractérisée par un fait de combinaison de matériaux formant primitivement diverses espèces de composés pour donner naissance à des espèces de principes qui n'existaient pas.

Comme l'assimilation, la désassimilation est au fond un fait chimique; mais c'est également un fait chimique spécial par les conditions complexes qu'il exige, par le milieu *organisé* dans lequel il s'opère. Comme l'assimilation, la désassimilation est généralement un fait chimique indirect ou de contact; mais ni l'une ni l'autre n'appartiennent à un ordre chimique, et la majorité de leurs phénomènes se rattachent aux actes chimiques indirects ou de contact. Comme l'assimilation, la désassimilation n'est un fait chimique direct que dans les cas accessoires, que relativement à des principes qui ne sont présents, en quelque sorte, que comme condition d'existence des autres, de ceux qui sont essentiellement actifs. Dans tous les autres cas au contraire, dans ceux qui concernent les principes constituant essentiellement l'organisme, c'est un phénomène chimique indirect ou de contact. Loin d'être partout un phénomène chimique direct, comme l'ont toujours pensé les chimistes, la désassimilation et l'assimilation ne sont phénomènes chimiques de cet ordre que dans les cas accessoires, dans les cas où il s'agit de principes d'origine minérale; et encore ce sont ordinairement des phénomènes de simple dissolution et rarement des unions à proportions définies très stables.

211. — Nous avons vu précédemment que nul principe immédiat de la première classe, c'est-à-dire de ceux qui sont semblables aux corps d'origine minérale, ne se forme pendant

l'assimilation ; il ne s'en forme pas non plus de ceux qui sont cristallisables, bien que prenant origine dans l'organisme. Il ne se forme par assimilation que des substances organiques ; principes qui ne sont pas cristallisables, dont la composition chimique n'est pas définie.

Pendant la désassimilation, qui est aussi caractérisée par des actes chimiques, mais encore plus nets que les précédents, il ne se forme que des principes cristallisables, soit analogues à ceux d'origine minérale, ce qui est l'exception, soit de ceux qui en diffèrent, ce qui est le cas le plus général ; et il ne s'en forme jamais que de ces deux groupes-là ; il ne s'en forme jamais de ceux qui ne sont pas cristallisables, comme l'albumine, la fibrine, etc.

212. — C'est par désassimilation que se forment tous les principes cristallisables différents de ceux d'origine minérale par leur complexité, par leur peu de stabilité et un certain cachet spécial que présentent toutes leurs propriétés.

Pour se former ils empruntent leurs matériaux à tous les principes qui ont été assimilés, c'est-à-dire à ceux des deux groupes précédents, mais surtout aux substances organiques. Dans l'un et dans l'autre cas, du reste, cette formation n'a pas lieu par combinaison directe des éléments chimiques des principes assimilés ; l'acte par lequel a lieu cette formation est un acte moléculaire indirect, catalytique ou de contact.

Ainsi donc : 1° Ce premier cas particulier de *désassimilation* est un acte chimique, mais un acte moléculaire indirect ou de contact.

Non seulement ce ne sont pas ici des phénomènes chimiques directs, tels que des doubles décompositions ou des combustions, ce ne sont même pas des fermentations ni à plus forte raison des putréfactions ; ce sont des *catalyses*, généralement de celles qui ont pour résultat le *dédoublement* des corps en deux ou en plusieurs autres, et quelquefois ce sont d'abord des *catalyses isomériques* pour arriver finalement à un dédoublement : tel est le cas particulier des sucres. Une série de phénomènes de ce genre peut

quelquefois conduire aux mêmes résultats définitifs que s'il y avait eu combustion, comme à la formation d'eau, d'acide carbonique, etc. Mais l'acte est loin d'être le même, il est loin de présenter la même intensité et de donner lieu aux mêmes phénomènes physiologiques. Peu étudiés encore, du moins rationnellement, les phénomènes des actes catalytiques demandent à être repris avant qu'on puisse se rendre compte pleinement des phénomènes physiologiques dont ils sont la source, des phénomènes organiques ou vitaux, en un mot, qui en sont la manifestation.

Nous devons donc, dès à présent, reléguer dans cette partie dogmatique de notre livre, au nombre des faits historiques, tout ce qui se rapporte à l'hypothèse de la combustion, qui sera appréciée comme telle au chapitre qui traitera de l'histoire de la stœchiologie.

2° Enfin, nous verrons bientôt que *quelques* principes analogues à ceux d'origine minérale ou semblables à ceux que nous pouvons faire artificiellement se forment par désassimilation dans l'économie, empruntant aussi aux principes assimilés tous leurs matériaux. Mais pour ceux-là, qui sont en très petit nombre ou se forment dans quelques cas morbides, comme l'*hydrogène sulfuré*, le *sulfhydrate d'ammoniaque*, etc., la désassimilation est un fait chimique direct; alors les composés sont fixes, stables, rapprochés ou semblables sous ce rapport, autant que possible, aux corps minéraux, et l'on comprend que la désassimilation ne saurait être poussée plus loin. Quant aux principes d'origine minérale, nous verrons dans leur histoire particulière, que leur désassimilation est en général un simple fait de liquéfaction pour ceux qui s'étaient fixés à la substance du corps, et que même quelques uns ne font que passer, au moins en partie, en restant à l'état de dissolution dans les sérums (sulfates, chlorures).

Ainsi nous voyons que généralement, dans la désassimilation, les principes du premier groupe restent ce qu'ils étaient et ne font que traverser l'organisme, tandis que la désassimilation des substances organiques est une décomposition par

catalyse dédoublante ou quelquefois isomérique; désassimilation caractéristique, car elle est une formation de principes immédiats nouveaux et cristallisables, comme leur assimilation était caractéristique, puisqu'elle était aussi une formation de principes nouveaux, mais non cristallisables. Désassimilation des substances organiques vivantes et formation dans l'organisme de principes immédiats cristallisables sont tout un pour ceux-ci ; d'où vient qu'on dit qu'ils *se forment par désassimilation;* c'est-à-dire qu'ils se forment en même temps que de parties des substances organiques encore vivantes, leurs matériaux abandonnent celles-ci et leur deviennent dissemblables.

213. — Dans les plantes, les principes immédiats, dont la formation a lieu par cette désassimilation que caractérise une catalyse isomérique, dérivent de l'amidon et des gommes; il y a d'autres exemples de ce genre, mais ce sont les mieux connus. Ces substances, dont nous avons indiqué le mode général de formation par catalyse composante, passent dans la graine et dans la fleur (Cl. Bernard) à l'état de glucose par catalyse isomérique, puis probablement à l'état d'acide lactique ou de quelque autre corps analogue. Peut-être, en définitive, ces corps arrivent-ils alors à l'état d'acide carbonique par une combustion lente, ce que semblent indiquer le dégagement de ce gaz et la production de chaleur. Le fait est probable, mais non démontré.

Chez les animaux, les gommes et les fécules introduites dans le tube digestif passent d'abord à l'état de glucose par catalyse isomérique, et on les trouve dans le sang sous cet état. Il y éprouve rapidement la catalyse lactique (Cl. Bernard), et peut-être ensuite s'unissant à la soude par expulsion de l'acide du carbonate de cette base, voit-il son acide éprouver une combustion lente, comme depuis longtemps l'ont pensé les chimistes d'après le fait de l'exhalation d'acide carbonique par les poumons et la production de chaleur. Le fait est possible, probable même, mais non démontré. Il se peut que le même résultat soit obtenu par dédoublement de l'acide lac-

tique en acide carbonique et quelque autre corps. On pourrait donner la formule de celui-ci ou de ceux-ci, en subdivisant celle de l'acide $C^6H^5O^5$, HO ; mais comme il est possible et même probable que les choses se passent autrement dans l'organisme qu'on pourrait le supposer d'après les faits chimiques actuellement connus, il vaut mieux attendre des expériences directes sur le vivant ou faites extérieurement comme préliminaire dans des conditions aussi rapprochées que possible de ce qui se passe pendant la vie. Quant à la production de chaleur, il est très probable, comme le dit M. Regnault, qu'elle est produite entièrement par les réactions chimiques qui se passent dans l'économie ; mais le phénomène est trop complexe pour qu'on puisse le calculer d'après la quantité d'oxygène consommée (1). On sait déjà que le sang qui sort du foie est de 1 degré 1/2 plus chaud que celui qui sort du poumon ; de plus, il serait singulier qu'il ne se produisît pas de chaleur dans les solides où se passent sinon autant d'actes nutritifs de combinaison et de décombinaison que dans le sang, au moins à peu près autant.

Enfin, pour achever ce qui concerne la formation des principes par catalyse isomérique, il faut savoir que le sucre de canne passe à l'état de glucose en traversant le foie (Cl. Bernard).

De plus, dans le foie il se forme du glucose de toutes pièces pendant l'abstinence et toute la durée d'un régime purement animal. On n'a encore aucune donnée sur le mode de formation de ce sucre. On ne sait s'il est le résultat d'un acte chimique direct, d'une catalyse combinante, ou d'un phénomène de contact avec dédoublement, ce que des expériences ultérieures apprendront seules. Mais on sait qu'il éprouve, comme les sucres introduits du dehors, la catalyse lactique dès qu'il arrive dans le sang des veines sus-hépatiques, en sorte qu'au delà du poumon il n'en reste que fort peu, comparativement à la quantité contenue par le liquide des veines sus-hépatiques.

214. — Ce que nous avons dit sur le passage du sucre de

(1) REGNAULT, *Cours élémentaire de chimie*. Paris, 1850, t. II, p. 868.

canne et de l'amidon à l'état de glucose ; ce que nous venons de dire aussi de la formation du sucre du foie, s'applique d'une manière générale aux principes gras (stéarine, margarine, oléine). Il arrive tout formés du dehors de ces principes, ou quelques uns qui leur sont isomères, provenant des aliments végétaux huileux ou des graisses animales, qui ne font que se mélanger à ceux préexistant déjà, ou qui, au moment où ils sont assimilés, éprouvent dans l'économie une catalyse isomérique, à la manière de ce qui a lieu pour les fécules et le sucre de canne. Mais, de plus, il s'en forme de toutes pièces (Liebig, Persoz, Boussingault), comme le sucre. Il paraît résulter des travaux de M. Cl. Bernard, que c'est aussi dans le foie qu'a lieu cette formation. Seulement ces principes ne donnent pas lieu (comme le glucose), aussitôt qu'ils sont formés, à la formation d'autres principes par une série de catalyses dédoublantes (acides lactique et carbonique); mais ils se mêlent ensemble, puis s'accumulent et séjournent dans l'économie. Ils y constituent la partie principale des éléments anatomiques tout particuliers d'un tissu tout spécial aussi, le tissu adipeux, qui ne jouit d'aucune autre propriété vitale que la nutrition ; qui ne remplit aucun rôle actif, etc. Du reste, ces principes, après avoir fait partie plus ou moins longtemps, soit des vésicules adipeuses, soit d'autres éléments, finissent par disparaître aussi *dans* l'économie, en donnant lieu à la formation d'autres espèces d'après les mêmes modes que le sucre, lesquelles sont expulsées directement (acide carbonique, etc.). En un mot, pour mieux faire saisir le côté anatomique de l'histoire de ces principes, on peut dire qu'ils remplissent en quelque sorte le rôle que remplirait le sucre, s'il venait à s'accumuler quelque part dans l'économie pour disparaître ensuite, comme nous l'avons dit et le verrons encore plus loin.

215. — Les principes immédiats dont la formation a lieu par le mode de désassimilation des substances organiques que caractérisent les catalyses dédoublantes sont, dans les plantes, les alcalis et des acides végétaux, ainsi que certains

sels. Le fait est du moins fort probable, quoiqu'il n'ait pas encore suffisamment été étudié directement pour être considéré comme rigoureusement démontré.

Chez les animaux, se forment ainsi l'urée, la leucine, l'acide urique, l'acide hippurique, la créatine et les autres principes azotés considérés la plupart, jusqu'à présent, comme des produits de combustion; c'est-à-dire comme des produits d'actes chimiques des plus énergiques, admis là où ne se passent que des actes les moins intenses, ayant pour résultat la formation de corps complexes et peu stables. C'est par suite d'un dédoublement du genre de ceux dont nous venons de parler que se forment les acides oléïque, stéarique et margarique, existant à l'état libre dans le sang, et non pas par pénétration de ces corps de l'intestin dans le chyle ou dans les veines. Ce fait pourtant ne serait pas impossible, mais n'a pas été constaté.

216. — La formation des sels qui ont pour acides les précédents, ainsi que les urates, hippurates, etc., considérés comme sels et non comme acide et base pris séparément, pourrait être considérée comme le résultat direct de la désassimilation, tandis qu'il est plus probable que c'est l'acide libre qui est formé directement, de la manière que nous venons d'indiquer. Par leur contact prolongé avec les sels à base alcaline et terreuse, ces acides, quoique faibles, peuvent dans certaines circonstances s'emparer d'une partie de cette base et passer eux-mêmes à l'état de sels.

Par la formation de ces principes salins, nous voyons reparaître des corps revenant de plus en plus aux caractères des composés d'origine minérale, et susceptibles de passer à l'état d'espèces tout à fait minérales par un ou deux pas de plus dans la série de leur dédoublement, ce que l'on peut obtenir à volonté hors de l'organisme. C'est à quoi on arrive en faisant, par exemple, subir à l'urée la fermentation ammoniacale qui la fait passer à l'état de carbonate de cette base. Le fait peut même avoir lieu pathologiquement dans l'organisme. Dans ce cas exceptionnel on arrive déjà aux

fermentations, ordre de phénomènes de contact donnant des produits de décomposition ou de dédoublement bien plus stables, plus voisins par leurs caractères de ceux des espèces minérales ; on peut, dans d'autres circonstances, également morbides, voir se produire des principes qui caractérisent le dernier degré de la décomposition, lorsque surviennent des putréfactions du pus et d'autres liquides, phénomènes chimiques de contact qui poussent au degré le plus extrême la désassimilation, ou mieux, dans ce cas, la destruction. Telle est la formation d'hydrogène sulfuré, de sulfhydrate d'ammoniaque, etc., dans les cas de putréfaction du pus voisin d'une muqueuse soumise elle-même au contact habituel ou fréquent de l'air.

217. — Qu'il s'agisse des animaux ou des végétaux, toutes les fois que pendant la désassimilation les principes d'origine minérale sont en jeu, nous voyons se former quelques principes très analogues à ceux d'origine minérale ; mais un seul exemple de ce genre pendant l'assimilation n'est pas encore certain.

A l'exception des cas que nous allons signaler, partout ailleurs la désassimilation des principes d'origine minérale n'est autre chose qu'une dissolution, un passage à l'état liquide de principes solides, sortant tels qu'ils s'étaient fixés par assimilation (chlorures, phosphates, etc.) Quelques uns sortent même en partie, sinon en totalité, sans s'être jamais fixés à d'autres qu'à l'eau qui les dissout (sel marin, sulfate de soude, etc.).

Ceux des principes qui se forment par action chimique directe désassimilatrice, sont le phosphate ammoniaco-magnésien, les bicarbonates, l'hydrogène sulfuré. Ici l'ammoniaque s'unit directement au phosphate de magnésie, l'acide carbonique aux carbonates.

Les urates, stéarates, oléates, etc., pourraient, si leurs acides étaient assez puissants, être considérés comme formés par union directe de cet acide à la base d'un carbonate dont l'acide serait chassé; mais il n'y a guère que les lactates qui soient dans ce cas-là. Comme il n'y a pas même d'alcalis

libres dans l'organisme, tandis qu'il y a des acides stéarique et margarique libres dans le sang et peut-être d'autres, comme il y a un acide libre dans la substance solide du poumon et dans le bouillon qu'on obtient de la rate, tout porte à croire que ces sels se forment comme nous venons de le dire au commencement du paragraphe précédent (p. 231).

Il est à remarquer, du reste, que dans le cas du phosphate ammoniaco-magnésien et des bicarbonates, qui sont à peu près, avec l'hydrogène protocarboné et sulfuré, les seuls corps se formant dans l'organisme qui soient analogues à ceux d'origine minérale, l'ammoniaque et l'acide carbonique sont des composés formés dans l'économie vivante par catalyse avec dédoublement, c'est-à-dire par désassimilation; qu'ils proviennent (au moins l'ammoniaque) des substances organiques. Il n'y a de phénomène chimique direct que leur union aux corps d'origine minérale au fur et à mesure de leur formation, que l'union de l'ammoniaque au phosphate de magnésie, par exemple.

RÉSUMÉ SUR LA FORMATION DES PRINCIPES IMMÉDIATS.

α. *Lieux de la formation des principes immédiats.*

218. — Ce n'est pas seulement la nature de la formation des principes qu'il faut connaître, mais encore le *lieu précis* de cette *formation.*

Nous avons vu quels sont les principes qui se forment hors de l'organisme et ceux qui se forment dans l'organisme. Quoique ne pouvant observer directement les phénomènes de cette formation, sa nature même nous permet de préciser encore davantage les parties du corps où elle a lieu.

Qu'il s'agisse des principes qui se forment par catalyses combinante et isomérique (en général assimilatrices), ou bien de ceux qui se forment par catalyse avec dédoublement (désassimilatrice), il est facile de reconnaître que le phénomène a lieu dans toutes les parties du corps où il y a nutrition.

219. — Dans la substance des éléments du poumon existe un acide; dans le sang existe du bicarbonate de soude (ou

du cyanure de mercure, si l'on vient à en injecter); le sang traverse les capillaires des membres et les sels ci-dessus ne se décomposent pas; ils arrivent aux poumons; il y a comme partout échange entre les principes du sang et les principes de la substance de ces organes, et aussitôt ces corps salins sont décomposés. Il se forme de l'acide carbonique *dans le sang* (ou du cyanhydrique).

Mais l'acide pneumique qui est dans les éléments anatomiques du poumon, ce n'est certainement pas dans le sang qu'il se forme comme acide libre, pour se déposer ensuite dans la substance du poumon; car si c'était dans le sang qu'il se formât comme acide libre, il décomposerait partout les carbonates (ou le cyanure injecté). Il se forme donc des principes dans les solides; et même des principes cristallisables, qu'on a dit souvent être formés par combustion des substances azotées dans le sang des capillaires.

Prenons maintenant les substances azotées non cristallisables, se formant par catalyse isomérique assimilatrice, comme la musculine, l'osséine, etc. Elles proviennent des substances azotées contenues dans le sang; mais on ne peut s'empêcher de reconnaître que c'est dans les éléments musculaires et osseux qu'elles se sont formées comme musculine, etc.; que c'est là qu'elles ont pris, au moment de leur assimilation, les caractères spécifiques qui les distinguent les unes des autres, et que chez l'embryon c'est au milieu de substances isomères ou analogues à elles qu'elles se sont formées.

Prenons ensuite les principes cristallisables, comme la créatine, la créatinine, qui se trouvent en grande quantité dans les muscles et s'y forment par catalyse avec dédoublement et désassimilatrice. On ne saurait trouver une seule raison plausible, démontrant que c'est dans le sang qu'elles se forment pour se déposer ensuite dans les muscles, puisque ce sont essentiellement de ceux des principes qui sont rejetés au dehors par les urines et ne peuvent s'accumuler dans l'économie sans devenir nuisibles.

Le sang porte partout les matériaux destinés à former des

principes par assimilation, et reçoit de partout ceux qui se forment par désassimilation, afin qu'ils soient rejetés. Le sang est une humeur vivante, c'est-à-dire présentant un double mouvement de composition et de décomposition, d'une manière continue et sans destruction de sa substance; mais dans ce double mouvement il ne fait pas que recevoir des principes tout formés et en rejeter de tout formés, il renferme des principes qui lui sont propres, comme l'albumine et la fibrine; il ne les reçoit pas et ne les rejette pas normalement tout formés. Ce sont des substances qui se forment dans le sang. Elles servent probablement de matériaux à d'autres substances analogues, qui se forment par catalyse isomérique de cette fibrine et de cette albumine; ou peut-être donnent-elles lieu à la formation de principes cristallisables par catalyse avec dédoublement, comme les substances azotées des muscles, etc.

220. — Il n'y a donc pas dans l'économie un lieu unique de formation des principes immédiats; il s'en forme partout où il y a *nutrition*, et cette formation a lieu, soit par catalyses combinante et isomérique (assimilatrices), soit par catalyse avec dédoublement (désassimilatrice).

Il s'en forme, par conséquent, dans les solides, soit de cristallisables, soit de non cristallisables, plus encore que dans le sang et la lymphe où il s'en forme aussi. Le fait a lieu au moment de la fixation des matériaux dans le solide, ou au moment où des matériaux élémentaires d'une espèce changent d'état d'union moléculaire pour former une autre espèce. C'est ainsi que du moment de leur entrée jusqu'à celui de leur sortie, les matériaux introduits passent successivement par une série d'états, lesquels constituent autant d'espèces de principes distinctes, quoique analogues; ces espèces sont de plus en plus compliquées, puis de plus en plus simples, lorsqu'on part des végétaux pour arriver jusqu'aux excrétions animales.

β. Modes de la formation des principes immédiats.

221. — Il n'y a pas non plus un *mode* unique et absolu de

phénomènes caractérisant la formation des principes immédiats, comme serait la combustion, par exemple, etc.

Loin d'y avoir dans l'assimilation et la désassimilation un *ordre* unique et absolu de phénomènes chimiques, il y en a plusieurs : toujours et naturellement ils sont en rapport soit avec les conditions dans lesquelles se passe l'acte, soit plus souvent avec la nature moléculaire des corps qui sont en jeu.

D'abord se présentent deux ordres d'actions : 1. les actions chimiques directes ; 2. les actions chimiques indirectes.

222. — 1. Les unes appartiennent aux actions chimiques, et ce sont surtout les corps d'origine minérale qui sont alors en jeu. *a*. Lorsqu'il s'agit d'actes assimilateurs, ce ne sont : 1° généralement que des actes de dissolution (assimilation des chlorures, sulfates alcalins, etc.) ; 2° très rarement ce sont des unions fixes, et elles ne sont jamais définies quant aux proportions (union du phosphate de chaux, etc., aux substances organiques azotées du cartilage durant l'ossification). *b*. Lorsqu'il s'agit d'actes de désassimilation, ce sont : 1° encore des actes de dissolution (passage à l'état liquide des différents phosphates, etc.) ; 2° et rarement des unions fixes et définies, mais cependant plus souvent que dans le cas précédent (formation du phosphate ammoniaco-magnésien, des lactates du sang, etc.) ; aussi nous voyons la désassimilation tendre à ramener les matériaux de la substance organisée vers la fixité dans la constitution, et vers l'état défini des proportions qui caractérise les corps minéraux.

223. — 2. Les actes chimiques indirects s'observent toutes les fois que ce sont des substances d'origine organique qui sont en jeu, soit comme résultat du phénomène, soit comme source des matériaux en action. Dans l'un et dans l'autre cas, ce sont des catalyses proprement dites, et de deux espèces, soit dans l'assimilation, soit dans la désassimilation. *a*. Toutes les fois qu'il s'agit de phénomènes d'assimilation, ce sont : 1° des *catalyses combinantes* qui s'opèrent (formation des *substances organiques* dans les végétaux) ; 2° ou *des catalyses isomériques* (formation des *substances*

organiques propres aux animaux). *b.* Lorsqu'il s'agit de phénomènes désassimilateurs, ce sont : 1° quelquefois des *catalyses isomériques* (passage du glucose à l'état d'acide lactique), 2° ou plus souvent des *catalyses avec dédoublement.*

C'est surtout par des actes chimiques indirects, soit assimilateurs (substances organiques), soit désassimilateurs (corps cristallisables), qu'a lieu la formation des principes immédiats nouveaux dans l'organisme, et exceptionnellement par action chimique directe dans le cas de désassimilation des principes d'origine minérale.

γ. *Résultats de la formation des principes immédiats.*

224. — Ainsi on voit, d'après ce qui précède sur la formation des principes immédiats :

1° Que l'assimilation, en rendant les principes introduits semblables à ceux déjà existants, a essentiellement pour résultat de faire passer les principes cristallisés à l'état non cristallin, et cela soit par dissolution, soit par union aux substances organiques. Ce mode d'union particulier aux êtres organisés est encore peu étudié. En même temps qu'il a pour résultat de rendre non cristallisables des corps définis et ne s'unissant habituellement entre eux qu'en proportions fixes et déterminées, il a pour résultat plus important de les rendre susceptibles de s'unir en toutes proportions aux substances organiques ; ce qui permet à ces substances, soit seules, soit unies aux principes minéraux, de remplacer une portion de leur propre matière en la cédant au dehors, en même temps que d'autres matériaux la remplacent; et cela sans dislocation moléculaire de toute la substance, contrairement à ce qui a lieu dans le cas de combinaison et de décombinaison chimique proprement dite ou inorganique. Ces matériaux introduits du dehors qui ne sont pas cristallisables, qui ont déjà vécu, l'assimilation ne fait pas autre chose que de les rendre semblables de nouveau, non pas à ce qu'ils étaient dans l'être où a eu lieu leur formation, mais aux substances organiques qui préexistent dans l'organisme où ils pénètrent.

2° On voit que la désassimilation, en rendant les principes

dissemblables à ceux existants encore, a essentiellement pour résultat de faire passer les principes non cristallisés ou non cristallisables à l'état de principes cristallins ou pouvant cristalliser. C'est un retour vers l'état primitif qui est à peu près complet pour les corps minéraux, mais qui pour les *substances organiques* n'est pas le même. Nous avons vu se former aux dépens de celles-ci des corps nouveaux constitués par l'union en proportion définie de leurs éléments. C'est sous ce dernier rapport, et par l'état cristallin ou celui de volatilité sans décomposition, qu'ils sont semblables aux corps d'origine minérale, mais ils en diffèrent par la complexité de leur composition, qui entraîne son peu de stabilité comparativement à la majorité des corps d'origine minérale. Aussi, pour revenir jusqu'à leur état primitif, faut-il qu'ils éprouvent au dehors de l'économie où ils se sont formés une série d'autres décompositions, qui sont alors purement chimiques, tant par les conditions dans lesquelles elles ont lieu que par la fixité des produits. Ces décompositions conservent néanmoins presque toujours, au dehors de l'organisme, quelque chose du cachet particulier qu'elles ont au dedans; elles présentent encore les actions chimiques indirectes ou de contact, mais seulement ce sont surtout de celles qui constituent le groupe connu sous le nom de *fermentations*, et plus rarement des catalyses (passage du sucre de canne à l'état de glucose, etc.); ces dernières ont lieu plus spécialement dans l'organisme, quoique pouvant être obtenues au dehors.

225. — L'analyse anatomique, poursuivie méthodiquement jusqu'aux principes immédiats, aussi bien que l'observation de l'ensemble des êtres en général, nous fait donc reconnaître, que réellement en quittant le point de vue anatomique de l'étude des animaux, on peut les définir physiologiquement : *des êtres organisés se nourrissant de matériaux qui ont vécu;* et les végétaux : *des êtres organisés se nourrissant de matériaux qui n'ont pas vécu.* (Aug. Comte.) C'est là certainement le cas le plus général, le plus habituel, et ce n'est que comme moyen d'amélioration qu'on le modifie,

comme, par exemple, quand on nourrit les plantes avec des matières animales. Remarquez, du reste, à cet égard, qu'il faut que déjà ces matières se soient rapprochées des corps minéraux par une série d'actes moléculaires successifs de catalyses, de fermentations et de putréfactions, qui les ramènent à l'état de corps plus simples, plus fixes et cristallisables ou volatils sans décomposition. C'est du moins sous cet état que leur pénétration dans les plantes est le plus favorable à celles-ci, plutôt qu'à l'état de substances organiques n'étant pas encore arrivées à l'état de principes solubles par la putréfaction.

C'est donc uniquement pour avoir été un peu trop absolus, que les chimistes qui ont avancé que c'est dans le règne végétal seul que se forme la matière organisée ont été forcés de revenir sur ce qu'ils avaient avancé. Mais ce manque de méthode conduisant à envisager les principes immédiats en un seul bloc avait réellement de graves inconvénients, puisqu'il menait à comprendre dans un même ordre de considérations des principes aussi dissemblables que les trois groupes suivants, savoir : ceux qui entrent tout formés, ceux qui se forment dans l'organisme sans être cristallisables, et ceux originaires du même lieu, mais cristallisables.

Ainsi c'est bien réellement dans le règne végétal que réside le grand laboratoire de la vie (1); c'est là seulement que se trouvent toutes les conditions pour la formation de toutes pièces des *substances organiques*. Mais qui dit substances organiques, principes immédiats non cristallisables, azotés ou non, ne dit pas nécessairement : substances *à la fois végétales et animales;* il n'y a pas pour l'anatomiste de substances *animales* dans les végétaux, le chimiste seul n'envisageant que la composition élémentaire peut se laisser aller à une telle contradiction dans les mots. Il y a des substances azotées dans les plantes, leur composition élémentaire est la même ou à peu près que celle des substances azotées des ani-

(1) Dumas, *Statique chimique des êtres organisés*, 1re édit. Paris, 1841, in-8, p. 6.

maux ; mais elles ne sont animales qu'après avoir été assimilées aux substances qui composent l'animal, et elles le deviennent par une catalyse isomérique qui change seulement leur constitution immédiate sans que varie notablement leur composition élémentaire.

C'est dans le végétal que se forment de toutes pièces, s'il est permis de parler ainsi, ces substances azotées, et c'est aux dépens de l'air surtout qu'elles se forment (ammoniaque, eau, acide carbonique) ; mais rappelons-nous, fait important, que cette formation à l'aide de corps simples ou peu composés ne se fait jamais que dans un être vivant qui préexiste, ne se fait jamais qu'au contact seulement de principes analogues ou semblables. Ainsi on ne saurait, dans cette formation, envisager le principe qui se forme isolément, indépendamment de ceux qui lui préexistent dans le germe et l'être parfait, comme on le peut faire pour la combinaison d'un acide et d'un alcali ou de deux sels ensemble.

Remarquez en outre qu'en même temps que sont empruntés ces matériaux à l'air, en sont empruntés d'autres au sol, qui sont des sels minéraux jouant le rôle de véhicule, de dissolvant pour les substances, au fur et à mesure de leur formation. Ils sont ainsi également des conditions d'accomplissement de cette formation.

« Des végétaux, ces substances organiques passent toutes formées dans les animaux herbivores, qui en rejettent une partie et qui accumulent le reste dans leurs tissus.

» Des animaux herbivores, elles passent toutes formées dans les animaux carnivores, qui en rejettent ou en conservent selon leurs besoins (1). »

C'est là réellement ce qui se passe, mais ce n'est pas sans modifications que les principes azotés passent des plantes à l'animal, de l'herbivore aux carnivores ; nous avons vu quels étaient les actes moléculaires de catalyse isomérique qui caractérisent le fait de leur assimilation. De ce que les

(1) DUMAS, *loc. cit.*, 1841, p. 7.

animaux font du sucre, il ne faudrait pas en conclure qu'ils font de la même manière les substances azotées; qu'ils les peuvent faire de toutes pièces. Il n'en faudrait pas conclure que ce ne sont pas les plantes qui forment les principes dont l'animal fait principalement et essentiellement sa nourriture; que ce ne sont pas elles qui font de toutes pièces les matériaux des principes qui constituent la plus grande masse de l'animal; ceux qui forment en volume la plus grande masse des éléments anatomiques essentiellement actifs. Rien de plus réel que ce fait. Seulement ces matériaux, entre leur formation dans la plante jusqu'à leur assimilation par l'animal, subissent d'abord la catalyse digestive (*voyez* ch. IV); ensuite leur assimilation est encore un fait moléculaire du même ordre qui les fait passer sans changement de leur composition médiate, successivement à l'état de principes identiques à l'albumine du sang; puis, de cet état, ils passent encore à celui d'ostéine, de musculine, etc.

Or, nous savons déjà que, dans la substance du corps, les principes d'origine minérale ne sont qu'accessoires, quoique indispensables comme véhicules et dissolvants, etc. Nous savons aussi que les espèces cristallisables qui se forment dans l'organisme ne sont également qu'accessoires quant à la masse, et sont destinées à être rejetées; car elles sont la partie des matériaux des substances organiques devenues cristallisables par catalyse dédoublante, et par suite impropres à servir *directement* plus longtemps.

Or, nous savons aussi que le *sucre* qui se forme dans l'organisme de toutes pièces est un principe de cet ordre, qui est cristallisable et ne saurait être, ni sous le point de vue de sa formation, ni sous celui de son rôle dans divers actes physiologiques, comparé aux substances organiques. Il est comme l'urée, la créatine, l'acide urique, destiné à être détruit; seulement, au lieu d'être détruit après son expulsion, il l'est avant, au fur et à mesure de son arrivée dans le sang, et les produits sont rejetés. L'urée, l'acide urique depuis longtemps sont connus comme se formant dans l'organisme et n'étant pas

venus tout formés du dehors ; pourtant jamais on n'avait songé à en conclure que les substances organiques, au lieu d'être fournies toutes formées par les plantes, sont fabriquées de toutes pièces dans le corps animal, et y passent ensuite directement à l'état d'acide urique, d'urée, comme le sucre du foie à l'état d'acide lactique, puis d'acide carbonique. On ne saurait donc s'appuyer sur la formation du sucre dans l'économie pour nier le fait du simple changement isomérique qui caractérise l'assimilation des substances azotées, et dire qu'elles sont susceptibles d'être formées de toutes pièces par l'animal qui pourtant les recherche avidement pour sa nourriture.

C. *Sortie ou issue, et fin ou terminaison des principes immédiats.*

228. — L'ovule, avant la fécondation, est un produit faisant partie de l'être qui le porte; il se nourrit à la manière d'un élément quelconque des produits. Il rend à cet être les principes ou peut-être seulement les matériaux qui ont suffisamment servi, rejetant ainsi d'un côté ce qu'il reçoit de l'autre (sous deux formes différentes, mais analogues par la composition définie des composés), sans dislocation moléculaire des principes dits substances organiques, qui le constituent essentiellement, dont les autres principes apportent et emportent les matériaux constituants.

Chez tous les vivipares, après la fécondation, c'est encore le même fait qui continue, jusqu'au moment assez précoce où les matériaux ayant servi sont rejetés dans la vessie, puis la cavité amniotique et accessoirement dans l'intestin, pour arriver finalement au dehors dans les milieux solides et liquides à l'époque de la naissance. A cette époque aussi sont rejetés dans l'atmosphère les principes gazeux. Chez les ovipares et pendant la germination des graines, des principes gazeux surtout sont exhalés. Plus tard, ce sont les principes solides et liquides.

Nous voyons, dès à présent, que de même qu'il est impossible de ramener la formation de l'*ovule*, en tant qu'élément anatomique, ou de tout autre germe à une formation de prin-

cipes immédiats, il est impossible aussi d'en réduire la disparition à une décomposition chimique. C'est une *résorption* ou *atrophie*, c'est-à-dire la rentrée, molécule à molécule, des principes de sa substance dans les parties d'où ils étaient venus; et cela, sans dislocation chimique ou élémentaire. La fin des principes immédiats est, au contraire, un fait chimique; c'est une décomposition de chaque espèce de ces corps en plusieurs composés.

De même que nous avons rencontré, à l'état d'ébauche, dès l'histoire des principes immédiats, la notion de *naissance* et *développement*, nous trouvons ici celle de *fin* ou *mort* (laquelle peut être une atrophie), réduite aussi à son fait le plus élémentaire et le plus simple, mais aussi le plus général; savoir, non pas la décomposition de chacun des principes, mais la rentrée, de chaque espèce se séparant des autres, dans le milieu d'où elle était venue, et cessant ainsi de former avec elles une substance particulière. C'est l'opposé de la naissance, qui est l'union les uns aux autres de principes de diverses classes empruntés aux humeurs et perdant les caractères propres à chacun d'eux, mais formant par leur concours mutuel une substance nouvelle : substance organisée.

Au fait du développement consécutif à la naissance, et dont nous avons aussi trouvé la notion à l'état rudimentaire, nous voyons consécutivement à la mort survenir un phénomène que nous trouvons ici à l'état d'ébauche. L'histoire statique et dynamique des éléments organiques, tant principes immédiats qu'éléments anatomiques, histoire qui est la base, le préliminaire indispensable de tout le reste de l'anatomie, nous montre en effet comme telle successivement le rudiment de toutes les parties des autres branches de l'anatomie et de la physiologie, dont chacune n'est qu'un développement complet de la mérologie.

Le fait consécutif à la mort, correspondant au *développement*, est la *destruction de l'organisme*. Ce fait, que présentent seuls les êtres organisés, n'a pas encore reçu de nom spécial analogue à ceux de *naissance*, *développement*, etc. Le déve-

loppement, en effet, étant le résultat d'une assimilation qui l'emporte sur la désassimilation, amène une accumulation de principes immédiats réunis en substance organisée. Une fois le développement achevé, les principes ne disparaissent pas tous par désassimilation, par issue graduelle de ces corps; quelques uns d'entre eux, au contraire, s'accumulent et se fixent de plus en plus; par suite de ce fait développemental l'harmonie fondamentale entre le mouvement d'assimilation et celui de désassimilation, se trouve rompue, ils cessent, la *mort* survient. C'est là un fait expérimental et d'observation, et nous ne pouvons savoir pourquoi la vitalité, c'est-à-dire la rénovation matérielle, ne persiste pas indéfiniment chez les principes susceptibles d'y participer, pas plus que nous ne pouvons savoir pourquoi le chlore, le brôme, l'arsenic, le bore, le silicium, ne sont pas susceptibles d'acquérir cette vitalité, aussi bien que l'hydrogène, l'azote, le carbone, le phosphore, etc. La *mort* diffère de l'*atrophie*, précisément parce que, dans cette dernière, il y a issue graduelle pure et simple des principes hors de la masse dont ils formaient la substance; atrophie qui, pour un élément anatomique, une portion de tissu, un organe, peut être une fin quand elle est complète. Enfin, comme conséquence nécessaire, après la mort vient la destruction de l'organisme, dont la substance ne saurait être conservée indéfiniment sans qu'il en résultât bientôt, par suite de la multiplication incessante des êtres, le manque de matériaux pour l'accroissement des derniers venus.

De même que l'*assimilation*, condition d'existence de la *naissance* et du *développement*, est un fait chimique au fond (dissolution, union particulière en proportions indéterminées ou plus souvent *catalyses combinantes ou isomériques*);

De même que la *désassimilation*, condition d'accomplissement de la *résorption* totale ou seulement l'*atrophie* parpelle des éléments anatomiques, est un fait chimique au fond (*catalyses isomériques* quelquefois, et plus souvent *catalyses avec dédoublement*);

De même aussi la *destruction de l'organisme mort* est une

condition d'existence des autres organismes vivants, végétaux et animaux. C'est un fait tout aussi spécial que ceux d'*assimilation* et de *désassimilation ;* comme eux il est chimique au fond, et appartient à un ordre de faits chimiques tout aussi spécial que les catalyses combinantes, isomériques ou dédoublantes qui les caractérisent ; tout aussi différent qu'eux des actes chimiques directs, toutefois s'en rapprochant un peu plus par l'intensité des phénomènes et la fixité des produits. La *destruction* de l'organisme mort, condition d'accomplissement du *retour aux milieux ambiants*, tant cosmologiques qu'organiques des matériaux empruntés à ces milieux même, est caractérisée aussi par un ordre de faits chimiques indirects ou de contact. Ce sont des fermentations et des putréfactions; fermentations quand il s'agit des principes formés par désassimilation et qui devaient être rejetés définitivement après une série de diverses catalyses; putréfaction quand il s'agit essentiellement des substances organiques et de principes venus du dehors, unis ou non à ces substances même.

Les végétaux et les animaux, comparés les uns aux autres sous ce rapport, présentent un grand nombre de faits intéressants, au point de vue de leur histoire naturelle. Ce sont là ces actes élémentaires, source de phénomènes souvent nuisibles qui, interrompus à temps ou dirigés convenablement par divers moyens techniques d'invention humaine, sont tournés par l'humanité à son profit (fabrication des vins, des huiles, produits caséeux, etc.); c'est ainsi qu'elle utilise, à la suite d'efforts poursuivis durant des siècles, ce qui lui est communément à dommage. C'est ainsi qu'elle devient sa providence à elle-même et finit par n'en pas reconnaître d'autre, après avoir longuement souffert pour avoir trop compté sur d'autres providences imaginaires, et avoir pris pour bons et utiles des phénomènes dont l'ordre naturel est facilement conçu meilleur quand une fois il est connu. Ils ne deviennent source de biens qu'après avoir été combattus, corrigés et améliorés par nos propres et pénibles

labeurs, poursuivis par plusieurs générations successives qui se sont transmis la notion de leurs succès à imiter, et de leurs insuccès à éviter.

La destruction de l'organisme mort peut ne pas avoir lieu : ce fait reçoit le nom de *conservation ;* elle peut être naturelle ou artificielle. La première est la cessation de tout phénomène chimique, de toute assimilation et désassimilation des principes immédiats. La deuxième consiste dans le même fait, obtenu par suite d'une combinaison aux substances organiques de l'économie, de corps minéraux naturels (fossilisation) ou artificiels (conservation des corps par l'alcool, les sels métalliques, etc.).

229. — De tous les principes qui ont pénétré dans les *végétaux* et de ceux qui s'y sont formés, il en est peu qui sortent ; il en est peu qui soient expulsés au dehors. Les principes gazeux seuls s'échappent par échange avec les gaz du dehors, en vertu de la propriété d'endosmose et exosmose dont jouit la matière organisée de toutes les parties du corps quelles qu'elles soient.

Nul appareil n'existe dans la plante pour l'excrétion des principes liquides ou solides. Aussi en résulte-t-il pour les végétaux un accroissement indéfini chez un certain nombre, jusqu'à ce que l'encroûtement des éléments finisse par rendre complétement impossible le double mouvement nutritif. Lorsque chez d'autres, cet encroûtement survient rapidement, du moins dans l'appareil destiné à puiser au dehors les matériaux, l'existence de l'être est limitée, et l'on a alors les plantes annuelles ou bisannuelles. En un mot, les végétaux absorbent, assimilent, se développent, s'encroûtent et meurent ; ils ne rendent aux milieux que par putréfaction et fermentation les principes solides qu'ils leur ont pris ou qu'ils ont formés à l'aide des matériaux qu'ils leur ont empruntés. Ce n'est qu'après avoir été assimilés par les animaux que les principes des plantes retournent au règne minéral dans un état qui se rapproche ou tend à se rapprocher des corps que renferme celui-ci. Les quelques principes

liquides ou solides que rejettent les plantes diffèrent beaucoup des corps du règne minéral et beaucoup aussi en général des principes rejetés par les animaux. Ce sont quelques corps résineux ou des huiles essentielles servant à la protection des fruits, des feuilles et des rameaux, ne subissant que difficilement les phénomènes de putréfaction qui font retourner à l'état de composés fixes et peu complexes, les éléments qui les composent.

Ainsi les plantes assimilent plus qu'elles ne désassimilent; elles empruntent au règne minéral plus qu'elles ne lui rendent, et le gaz oxygène qu'elles rejettent, elles l'échangent avec l'acide carbonique principalement, dont les matériaux, le carbone surtout, doivent être assimilés; quant aux principes cristallisables formés par désassimilation, ils restent dans le règne végétal.

230. — Chez les animaux, l'appareil digestif introduit les matériaux solides et liquides; la forme exactement déterminée du corps, et son accroissement limité (qui est le côté dynamique en corrélation avec le caractère statique précédent), font reconnaître comme condition d'existence nécessaire de l'animal la présence d'un appareil correspondant, mais agissant en sens inverse du digestif. C'est l'appareil urinaire; il rejette les principes liquides et solides dont les matériaux revenus à l'état de composés fixes et cristallisables sont devenus impropres à servir plus longtemps et doivent être expulsés. Entre ces deux appareils, se trouve placé l'appareil pulmonaire, qui, à la fois, prend et rejette, mais les principes gazeux seulement, double action qui est une suite nécessaire de l'état fluide de ces principes, dont le mouvement ne peut être qu'un échange. Ainsi, l'appareil digestif introduit les matériaux solides et liquides, l'appareil urinaire rejette les principes liquides et solides, et l'appareil pulmonaire fait l'un et l'autre pour les principes gazeux; manque l'expulsion des premiers, l'accroissement n'est arrêté que par la mort, et la forme n'est pas nettement délimitée.

Les principes rejetés sont généralement cristallisables;

ceux qui ne le sont pas se putréfient et deviennent alors des *ferments ou corps catalytiques* qui entraînent la catalyse dédoublante ou la fermentation des précédents ; phénomène par lequel ils sont ramenés à l'état d'ammoniaque et d'acide carbonique, c'est-à-dire à l'état de principes analogues ou semblables à ceux du règne minéral que les plantes empruntent directement pour leur accroissement.

231. — Sous le point de vue qui nous occupe, les principes immédiats se divisent :

1° En principe qui ne sortent pas :	*a.* Ce sont tous les principes formés par assimilation, c'est-à-dire les substances organiques, principes non définis, non cristallisables. Leurs matériaux seuls se renouvellent sans dislocation moléculaire du principe, lequel se forme par assimilation d'une part, tandis que de l'autre ses matériaux forment par désassimilation des composés fixes et cristallisables, devenus ainsi impropres à servir plus longtemps.
2° En principes qui sortent, ce sont :	*b.* Tous les principes formés par désassimilation dans l'organisme, auquel ils empruntent leurs matériaux ; ils sont cristallisables, de composition chimique définie. *c.* Tous les principes dont les matériaux sont d'origine minérale, dont la totalité ou une partie seulement, pour quelques uns d'entre eux, ne fait que traverser l'économie sans être fixée pour un temps aux substances organiques ; ils sont aussi cristallisables, et de composition chimique définie.

a. Principes immédiats qui restent dans l'organisme.

232. — Ce sont toutes les substances organiques, tous les principes formés par assimilation, savoir :

1. Albumine.	6. Kératine.
2. Fibrine.	7. Musculine.
3. Caséine.	8. Élasticine.
4. Albuminose.	9. Ostéine.
5. Globuline.	10. Cartilagéine.

Quoique ne sortant pas de l'économie, ces espèces de principes se renouvellent pourtant ; mais elles ne se renouvellent pas en masse. Elles se renouvellent moléculairement, par assimilation et désassimilation, ainsi que nous venons de le

voir précédemment. Dans les actes chimiques élémentaires de ces deux faits généraux, les autres principes n'interviennent que pour l'apport des matériaux (principes venus du dehors), ou comme produits (principes cristallisables formés dans l'organisme). Les principes d'origine minérale, en effet, entrent tout formés en masse ; les derniers sortent tout formés en masse ; ceux-ci, au contraire, en tant qu'espèce propre à l'animal où ils se trouvent, se font et se défont au dedans, sans sortir. Les matériaux qui en ont fait partie sortent, sont expulsés une fois qu'ils sont arrivés à l'état de composés définis ; mais eux-mêmes ne sortent généralement pas comme espèce de substance organique, tels qu'ils existent dans l'organisme.

Ce dernier fait n'a lieu que dans quelques circonstances morbides (albuminurie, dyssenterie, diarrhée). Normalement, ce n'est que très accessoirement qu'il en sort une petite quantité avec ceux dont nous allons parler (traces de mucus dans les urines), et qu'il en reste dans les matières fécales (mucus), comme résidu des fluides intestinaux ; ceux-ci sont, en effet, généralement récrémentitiels. Les principes immédiats non cristallisables peuvent encore normalement être rejetés au dehors sous forme solide ; mais ce n'est pas à l'état d'espèces libres et isolées : c'est à l'état d'éléments anatomiques des *tissus produits ;* c'est à l'état de produits organisés et non simplement de principes d'origine organique. Nous voulons parler ici des cellules épithéliales cutanées, intestinales, etc., des cheveux, ongles, cornes et autres produits, qui sont accessoirement un des états sous lesquels disparaît la substance du corps, et prennent part secondairement à la rénovation ; mais comme ce n'en sont pas des matériaux immédiats, ce point de vue complémentaire trouve sa place dans l'histoire des éléments anatomiques.

Les principes immédiats non cristallisables qui sortent en petite quantité par les urines, les sécrétions cutanées, intestinales, anales et préputiales, une fois arrivés dans les milieux, présentent ceci de particulier qu'ils entrent en putré-

faction (*voir*, pour les putréfactions, ch. IV) au contact de l'eau et de l'air. C'est ainsi que chacun d'eux finit son existence comme espèce de principe immédiat, en passant à l'état de carbonate d'ammoniaque, d'acide carbonique, d'azote et d'eau, ainsi que de gaz sulfurés ou phosphorés, selon la nature chimique de ces substances organiques.

Nous avons vu comment, dans l'organisme, a lieu leur désassimilation, qui est leur mode de fin ou terminaison, et se trouve être en même temps l'origine de ceux dont nous allons étudier le mode de sortie et de fin en tant qu'espèces de principes immédiats.

b. **Principes immédiats qui sortent après s'être formés dans l'organisme par désassimilation.**

233. — Comme dans les plantes ceux de ces principes immédiats qui sont gazeux, le carbonate d'ammoniaque, l'acide carbonique, sortent par toute la surface du corps par échange exosmotique avec d'autres gaz, avec l'oxygène particulièrement. Mais c'est principalement par le poumon qu'ils s'échappent.

234. — Quant aux autres principes, ils sortent toujours à l'état liquide par dissolution, sauf quelques cas morbides. Nous avons vu que la plupart des corps de ce groupe sont solubles dans l'eau ou dans les solutions salines plus ou moins complexes. Au fur et à mesure qu'ils se forment, ils sont pris par le sang, et pour la plupart ils sont rejetés par le rein, organe purement éliminateur, et qui ne fabrique rien; ce qui éloigne cet organe parenchymateux des glandes proprement dites, aussi bien que le poumon qui prend et élimine tout à la fois par échange de gaz. Ce sont :

Les lactates.
L'acide urique.
Les urates.
Les hippurates.
L'oxalate de chaux.
Le phosphate ammoniaco-magnésien.
L'urée.
L'allantoïdine chez le fœtus.
La cystine.
Créatine.
Créatinine.

Ces principes, une fois hors du sang, une fois qu'ils ont

traversé par exosmose les parois des capillaires et des conduits urinipares, peuvent quelquefois normalement passer à l'état solide : ce sont l'acide urique, l'urate de soude et l'oxalate de chaux chez l'homme et le cheval, sel qui, du reste, vient ordinairement du dehors, mais avec les aliments végétaux dans lesquels il s'est formé. D'autres passent quelquefois à l'état solide en général pathologiquement, et sont rejetés ainsi : ce sont l'acide urique, divers urates avec plusieurs des sels d'origine minérale (phosphates, etc.). Ceux des principes rejetés ainsi à l'état solide restent sous cette forme dans les milieux, où ils arrivent jusqu'à ce qu'ils soient dissous et rentrent tels qu'ils sont sortis dans quelque végétal ; ou bien jusqu'à ce que, une fois dissous, ils se décomposent par double décomposition.

Quant aux principes qui sortent à l'état liquide, comme c'est le cas ordinaire pour la plupart, une fois au dehors, ils se décomposent. La petite quantité de substances organiques (mucus vésical) que renferme l'urine, se putréfiant au contact de l'air, devient ainsi un ferment ; celui-ci détermine la fermentation ammoniacale de l'urée et des autres principes azotés cristallisables. C'est pour cela qu'il est important de tenir compte dans l'histoire des *substances organiques* de la quantité de plusieurs d'entre elles qui se trouve rejetée au dehors, malgré qu'elle soit très minime comparativement à la grande masse de chaque espèce que le corps renferme. Les produits de la fermentation et putréfaction des principes cristallisables sont définitivement du carbonate d'ammoniaque, ou de l'ammoniaque, du benzoate de cette base quand il y a de l'acide hippurique, etc. ; pour les sels dont l'acide est d'origine organique, ce sont des carbonates terreux ou alcalins qui sont le résultat définitif de ces phénomènes et peut-être des acétates ; car dans l'urine pourrie on trouve de l'acide acétique.

C'est ainsi que finissent ces corps en tant qu'espèce de principes immédiats, et c'est au dehors de l'organisme que, normalement ils retournent par cette terminaison (qui en

fait des corps peu complexes et très stables) au règne minéral d'où ils étaient venus. De là bientôt ils rentreront dans quelque plante pour arriver aux herbivores et aux carnivores.

235. — D'autres principes de ce groupe sont rejetés par les voies intestinales ; mais ce mode d'expulsion n'est qu'accessoire, à côté du précédent. Ce sont plutôt les résidus des substances diverses qui ont fourni les matériaux des principes du corps que les principes eux-mêmes qui sont expulsés ainsi. Pourtant il est quelques composés cristallisables d'origine organique, dont c'est là le mode d'issue. Ce sont :

Le choléate de soude.
Le glycocholate de soude.
L'hyocholinate de soude.
La cholestérine.
L'acide oléique.
L'acide stéarique.
L'acide margarique.
Des sels alcalins ayant pour acide ces derniers corps.
L'acétate de soude (excréments des herbivores) qui peut être vient des aliments ingérés.

Les trois sels de soude nommés en premier lieu sont peut-être résorbés en partie avec les aliments, auxquels se mêle la bile, pour rentrer dans le système circulatoire. Le reste se décompose probablement déjà dans l'appareil digestif en quelque sel de soude non étudié, tandis que les acides subissent sans doute diverses catalyses isomériques, ou avec dédoublement qui les font passer à l'état de corps plus simples que nous signalerons dans l'histoire particulière de chacun d'eux. Le peu de stabilité de ces sels et de leurs acides rend cette hypothèse probable, mais elle n'a pas été poursuivie par des expériences directes. Des analyses suffisamment rationnelles des matières fécales n'existant pas encore, il est impossible d'en déduire rien, ni pour ni contre.

Tous les principes que nous venons de nommer, arrivés au dehors, se trouvent au contact des substances organiques, dont nous avons parlé, et des résidus alimentaires qui, déjà, ont commencé ou commencent bientôt à se putréfier au contact de l'air et jouent le rôle de ferment. Ils subissent dès lors soit des fermentations, soit de simples catalyses avec dédoublement, peu étudiées pour chacun d'eux pris à part. Mais on sait que les produits de ces actes chimiques sont du car-

bonate d'ammoniaque, de l'eau, de l'acide carbonique, des hydrogènes carbonés et sulfurés et des sels dont une partie dérive des bases alcalines des corps précédents et les autres des principes dont nous parlerons bientôt. En définitive, comme les principes de l'urine, ceux-ci *finissent*, en tant qu'espèces de principes immédiats, par revenir à l'état de composés peu complexes et stables, semblables à ceux du milieu d'où ils étaient sortis; ils reviennent en faire partie pour rentrer bientôt dans le règne végétal. Ce que nous venons de dire pour les acides gras et les sels, rejetés par le tube digestif, s'applique aussi aux sels et acides gras des sueurs scrotale, vulvaire et axillaire. On peut l'appliquer aussi à l'acide valérique de cette dernière, si tant est qu'elle en renferme, comme semble l'indiquer son odeur, malgré sa réaction alcaline; mais on ne l'a jamais obtenue de manière à s'assurer péremptoirement du fait.

236. — « Dans les études de chimie, on voit la matière toujours immuable changer d'état, acquérir des propriétés nouvelles par son association en groupes diversement disposés. Chaque molécule reste cependant ce qu'elle était : si on l'isole, on la retrouve inaltérée toujours la même; mais par son union avec d'autres molécules, les caractères qui lui appartiennent se masquent et se modifient à tel point, que l'analyse seule peut nous apprendre qu'il existe du plomb dans la céruse, du fer dans la rouille et du charbon dans le marbre le plus blanc. A l'aspect rien ne l'aurait fait supposer. »

» Dans les animaux, dans les plantes, des matières plus éloignées encore de leur origine élémentaire, nous apparaissent. Outre la molécule simple qui en fait partie, et le tissu ligneux ou la chair des animaux, la distance est si grande qu'il ne faut pas s'étonner si l'on a admis dans leur formation des mystères étranges; si l'on a cru que ce pouvoir créateur, refusé aux forces de la chimie minérale, existait dans les êtres organisés; si l'on a cru, du moins, qu'il leur était donné de transformer certains éléments de la chimie en d'autres éléments distincts de ceux-ci. »

» De même, quand on voit un animal périr, se putréfier; quand on voit du bois disparaître par la combustion; on a quelque peine à ne pas se laisser préoccuper par des pensées de destruction. Mais, avec un peu de réflexion, on arrive bientôt à comprendre que, si dans la nature minérale rien ne se perd, rien ne se crée, il en est de même dans la nature organique. Jusqu'à présent on ne connaît ni création ni transmutation d'éléments; tous les changements qui s'opèrent à la surface du globe, sont dus à des combinaisons qui se font, ou à des combinaisons qui se défont. La matière du tapis de verdure qui, aujourd'hui, revêt une prairie, fait partie le lendemain des animaux qu'elle nourrissait; quelques jours encore et elle passera peut-être dans notre propre organisation, d'où elle s'en ira dans l'atmosphère, qui, la cédant à de nouvelles plantes, reproduira plus tard une nouvelle végétation. La matière du bois que nos foyers consument aujourd'hui, fera peut-être demain partie de quelque végétal d'un pays lointain (1). »

« C'est ainsi que l'histoire des principes immédiats nous conduit à reconnaître comment se ferme ce cercle autrefois si mystérieux de la vie organique à la surface du sol. L'atmosphère contient de l'acide carbonique, de l'eau, de l'acide azotique, de l'oxyde d'ammonium en petite proportion. Les plantes s'emparent de leurs radicaux : carbone, hydrogène, azote, ammonium. Avec ces radicaux elles façonnent les matières organiques ou organisables qu'elles cèdent aux animaux. Ceux-ci, à leur tour, reproduisent à leur aide l'acide carbonique, l'eau, l'oxyde d'ammonium, pour reproduire de nouveau les mêmes phénomènes. Et si l'on ajoute à ce tableau déjà si frappant par sa simplicité le rôle incontesté de la lumière solaire, qui est une des conditions les plus importantes pour l'action de cet immense appareil que le règne végétal constitue, on sera frappé du sens de ces paroles de Lavoisier : « L'organisation, le sentiment, le mouvement spontané, la

(1) Dumas, *Traité de chimie*, 1846, t. VIII, p. 417-418; — *Statique chimique des êtres organisés.*

» vie n'existent qu'à la surface de la terre et dans les lieux » exposés à la lumière. On dirait que la fable du flambeau de » Prométhée était l'expression d'une vérité philosophique qui » n'avait point échappé aux anciens. Sans la lumière la na- » ture était sans vie, elle était morte et inanimée (1). »

237. — Parmi les principes cristallisables d'origine organique il en est, comme les sucres du foie et du lait, qui ne doivent pas être compris immédiatement dans les considérations précédentes. Ceux-là, en effet, sont récrémentitiels, c'est-à-dire que, normalement, ils passent dans le sang où ils disparaissent comme espèce de principe immédiat, en passant par catalyse à l'état d'acide lactique probablement, ou mieux de lactate; celui-ci, à son tour, devient bientôt une autre espèce de principe, un carbonate ou bicarbonate et de l'eau. En un mot, c'est dans l'organisme même que ces principes *finissent* comme espèce de principe d'origine organique; c'est dans l'organisme qu'ils redeviennent semblables aux composés des milieux extérieurs et non au dehors; et c'est là une des conditions d'existence de l'être vivant; car il faut la présence des bicarbonates ou de l'acide carbonique dans le sang pour que la pénétration des gaz du dehors soit possible, leur entrée s'accompagnant toujours physiquement d'une sortie d'autres fluides; leur pénétration étant toujours un échange physique. Or, on sait qu'il n'est pas d'être vivant pour lequel l'entrée et la sortie de principes du milieu atmosphérique, libres ou dissous, ne soit une condition d'existence.

238. — Parmi les principes cristallisables d'origine organique, il en est enfin, comme :

L'oléine.
La margarine.
La stéarine.
La phocénine.
La butyrine.
L'hyrcine, etc.

qui, n'existant jamais, ou seulement exceptionnellement, à l'état libre dans l'économie, ne sortent pas comme tels. Ce sont les mélanges qu'ils constituent qui sortent comme

(1) Voyez Dumas, *Statique chimique des êtres organisés*, Paris, 1841, in-8.

matières sébacées et huileuses de la peau, beurre, etc., mais toujours accessoirement aux principes cristallisables, et ces substances finissent par putréfaction, ainsi que nous l'avons dit.

C'est ici le lieu de rappeler ce que nous avons indiqué déjà au paragraphe 216, pages 229 et 230, sur les principes dont nous parlons. Comme le sucre, mais après avoir séjourné dans l'économie à l'état de mélange formant la plus grande masse des vésicules adipeuses, des gouttes huileuses, granulations graisseuses, etc., ils disparaissent, en tant qu'espèces de principes graisseux, sans sortir du corps, pour former quelque autre espèce. Comme le sucre, c'est dans l'organisme que ces principes *finissent* en tant que composés d'origine organique; c'est dans l'économie qu'ils redeviennent semblables aux composés qu'on trouve dans les milieux extérieurs, et sont rejetés comme tels. Ainsi les principes des huiles, des suifs subissent également une transformation avant de sortir des corps, car on n'en trouve que fort peu dans les produits destinés à être rejetés. Comment cette transformation a-t-elle lieu? C'est ce que nous ne pouvons dire; seulement l'instabilité des dépôts graisseux dans l'économie, leur disparition rapide dans certaines circonstances, sans qu'il y ait augmentation de certains principes dans les excrétions, matières fécales, urines, etc., tendraient à faire considérer les graisses comme se transformant presque directement en acide carbonique et en eau, soit par dédoublements successifs, soit même par oxydation lente directe.

c. Principes immédiats qui sortent de l'organisme après y être entrés tout formés :

239. — Ces principes sont :

1. L'oxygène.
2. L'hydrogène.
3. L'azote.
4. L'eau.
5. Le chlorure de sodium.
6. Le chlorure de potassium.
7. Le chlorhydrate d'ammoniaque très probablement.
8. Le carbonate de chaux.
9. Le carbonate de magnésie.
10. Le carbonate de potasse.
11. Le carbonate de soude.
12. Le sulfate de potasse.
13. Le sulfate de soude.
14. Le sulfate de chaux.
15. Le phosphate neutre de soude.

16. Le phosphate acide de soude.
17. Le phosphate de potasse.
18. Le phosphate de magnésie.
19. Le phosphate acide de chaux.
20. Le phosphate basique de chaux ou des os.

Ce sont, comme on voit, tous les principes dont les matériaux sont d'*origine minérale* et dont l'assimilation n'est généralement qu'un fait de dissolution et quelquefois d'union aux substances organiques sans que les caractères de l'espèce cristallisable soient changés, malgré cette union à celle qui ne cristallise pas.

Comme dans les plantes, ceux de ces principes immédiats qui sont gazeux, comme l'azote, de l'oxygène, de la vapeur d'eau, sortent par toute la surface du corps, par échange exosmotique avec les gaz atmosphériques. C'est spécialement pourtant par le poumon que chez les êtres élevés le fait se passe; par le poumon, organe spécial dont l'usage est de prendre et de rejeter les gaz, par le double acte physique élémentaire d'endosmose et d'exosmose qui caractérise toute transmission des fluides au travers d'une membrane ; et si dans le rein, organe spécial qui a pour usage de rejeter au dehors, sans échange endosmotique, les choses se passent de cette manière, cela tient à la pression exclusive du dedans au dehors que le sang éprouve d'une manière toute particulière dans cet organe. D'une part, c'est le sang artériel qui, dans les glomérules, éprouve une difficulté plus grande à son passage vers les veines que dans tout autre organe ; d'autre part, c'est le reflux du sang veineux de la veine cave vers le rein; sang qui se trouve arrêté et pressé dans les capillaires par rencontre du courant artériel inverse, en même temps qu'il ralentit celui-ci. Il en résulte pour le liquide sanguin une pression qui l'oblige à transsuder, tout en éprouvant de la part des parois des tubes urinipares les modifications qui font que ce n'est plus au dehors le même liquide qu'au dedans ; de cette pression résulte que nul parenchyme ne rejette en aussi peu de temps une aussi grande masse de liquide.

240. — Quant aux principes autres que ceux qui sont gazeux, ils sont rejetés à l'état liquide par dissolution ; ceux d'entre eux qui sont des espèces de sels acides repré-

sentent une portion du sel entré neutre qui a cédé une partie de sa base à quelque acide dans l'économie, ainsi que nous l'avons dit paragraphe 218, page 231 ; c'est l'inverse de ce qui a lieu pour les bicarbonates. C'est accessoirement par la peau, mais surtout par le rein, qu'ils sortent, et une fois hors des vaisseaux, une fois qu'ils ont traversé les parois des tubes urinipares, ils sont expulsés au dehors. Ils sortent généralement à l'état liquide, sauf le cas (morbide chez l'homme) du phosphate de chaux, etc., normal chez les Lapins pour le phosphate de magnésie, ainsi que chez le Cheval, et quelquefois chez les jeunes enfants pour le carbonate de chaux. Servant de véhicule à ceux des autres groupes, ils sortent dissous dans l'eau les uns à l'aide des autres, soit tels qu'ils étaient entrés, ou bien au fur et à mesure qu'ils repassent à l'état fluide après avoir été unis aux substances organiques. Nous venons de signaler ceux qui, dans leur trajet dans les conduits urinaires, se solidifient quelquefois, passant immédiatement à l'état cristallin, parce qu'ils ne trouvent pas dans l'urine les conditions de solubilité qui existaient dans le sang. Quelques uns, comme le phosphate de chaux, peuvent également passer à l'état solide dans diverses conditions morbides des tissus et y former, seuls ou unis à d'autres principes, des concrétions diverses. Une fois rendus aux milieux ambiants, ces différents sels y demeurent tels qu'ils sont rejetés, jusqu'à ce que, dissous de nouveau, ils rentrent dans quelque organisme ou soient décomposés. Quelques uns, enfin, comme les sulfates, peuvent, pendant les putréfactions, perdre de l'oxygène et passer à l'état de sulfures, susceptibles d'être décomposés à leur tour par des acides et d'être ainsi ramenés à l'état de corps plus simples, hydrogène sulfuré, etc.

III. — VARIATIONS QUE PRÉSENTENT LES PRINCIPES IMMÉDIATS SUIVANT LES RACES.

241. — D'une race à l'autre, les principes immédiats ne changent pas. Ce n'est que dans des parties du corps plus

spéciales et plus complexes que se manifestent les différences qui séparent les unes des autres les races d'une même espèce. Toutefois déjà d'une race à l'autre on trouve plus ou moins de tel ou tel principe; il y a donc des différences, mais elles ne portent que sur les proportions des mêmes espèces de ces corps. C'est ainsi que, suivant les races de Moutons, il existe plus ou moins de stéarine ou d'oléine dans les parties de leur corps qui en sont constituées, etc.

IV. — VARIATIONS QUE PRÉSENTENT LES PRINCIPES IMMÉDIATS SUIVANT LES ESPÈCES ANIMALES.

242. — On ne trouve pas dans toutes les espèces animales les mêmes espèces de principes immédiats. Tel principe existe dans une espèce et manque dans une espèce voisine, et se trouve remplacé ou non par un autre corps plus ou moins analogue. C'est ainsi que dans la bile de Porc manquent le choléate et le glycocholate de soude, qui existe dans la bile de Bœuf, et que ces sels se trouvent remplacés, chez le premier, par l'hyocholéate ou hyocholinate de soude. C'est ainsi que dans les Cétacés existent la phocénine, la cétine, principes qui manquent chez les autres mammifères. C'est encore ainsi que nous avons trouvé dans l'urine, chez le Chien, un sel particulier dont l'acide cristallisable a l'odeur de son urine, mais dont nous n'avons pu obtenir une suffisante quantité pour en déterminer la nature.

Ce point de l'histoire générale des principes immédiats, comme le précédent, ne peut, du reste, prendre beaucoup d'importance qu'alors qu'on pourra faire l'histoire des principes immédiats de tous les animaux ou celle de toutes les plantes.

Ce sont, comme on voit, surtout les principes immédiats du deuxième groupe, c'est-à-dire cristallisables et d'origine organique, qui varient suivant les espèces dans les mammifères. En passant d'un groupe d'animaux à l'autre, il serait facile, du reste, de constater des différences analogues dans les principes d'origine minérale et dans ceux qui ne sont pas

cristallisables; de même en arrivant aux principes immédiats des végétaux.

V. — VARIATIONS DES PRINCIPES IMMÉDIATS SUIVANT LES ÉTATS MORBIDES.

243. — Les maladies les plus générales ont naturellement pour cause un changement dans ce qu'il y a de plus général dans l'économie. Si les conditions de mélange et de dissolution avec état demi-fluide, qui sont les conditions du double mouvement vital, viennent à s'altérer, il faut par conséquent s'attendre à les voir devenir cause des affections les plus générales.

Ainsi déjà, dans l'étude des principes immédiats, commence à se présenter à l'état d'ébauche l'anatomie pathologique. Tout changement survenu dans les principes immédiats, dans ceux des liquides surtout, entraîne naturellement une altération des fonctions aussi générale que possible, puisque c'est le mouvement nutritif, fait vital le plus général, le plus fondamental, qui est altéré partout à la fois. Aussi l'altération est-elle aussi dangereuse que possible, puisque les propriétés de tissu se trouvent ainsi modifiées toutes simultanément. Par conséquent, cette première partie de l'anatomie pathologique est déjà des plus importantes.

L'altération des tissus et des humeurs peut consister soit en un changement de proportion, par augmentation ou diminution des principes normaux; ou bien être due à l'absence de l'un d'eux, ou enfin être due à la présence d'un principe accidentel. Il peut se faire, du reste, qu'avec l'existence d'un principe nouveau, il y ait absence, diminution ou augmentation d'un ou de plusieurs des principes normaux.

Toutes les fois qu'il est question de principes non cristallisables, de substances organiques, comme ce sont des corps très complexes, il peut se faire qu'elles aient subi une altération, c'est-à-dire que par l'augmentation ou la diminution d'un de leurs éléments, leurs propriétés se trouvent modifiées. C'est ainsi, par exemple, que la fibrine devient plus ou moins coagulable.

244. — Si le changement de proportion des principes par augmentation ou par diminution, ou si l'addition d'un principe nouveau commençait dans les solides, la modification de leurs propriétés serait d'abord tout à fait locale. Mais peu à peu, par suite du double mouvement continu d'échange des principes immédiats entre les solides et les liquides, ceux-ci seront bientôt modifiés de la même manière, et rendront l'affection tout à fait générale. Réciproquement, mais d'une manière bien plus rapide, s'il y a augmentation, diminution ou présence d'un principe nouveau dans les humeurs, cette altération sera bientôt partagée par tous les solides qui échangent leurs principes avec elles.

On comprend, du reste, que précisément l'état de liquidité favorisant les actions moléculaires réciproques des principes immédiats comme de tous les corps, on doit plus souvent que pour les solides voir l'augmentation, la diminution ou la formation des principes nouveaux commencer par les humeurs. Et comme nous l'avons dit, cette altération de leurs principes se manifestera beaucoup plus rapidement que celle qui commence par une modification des solides. Seulement, cette lésion, consistant en un simple échange moléculaire de principes à l'état liquide ou demi-fluide entre les solides et les humeurs, sera beaucoup plus difficile à constater anatomiquement que s'il s'agissait d'une lésion des tissus. De là le peu de progrès de l'anatomie pathologique en ce qui concerne toutes les maladies générales; car les lésions correspondantes ne pourront être précisées qu'autant que déjà sera fort avancée la connaissance des principes immédiats normaux, ainsi que les procédés à l'aide desquels on en démontre l'existence.

245. — Dans les cas pathologiques, le mode d'union et de combinaison des principes immédiats est de même nature que dans les cas normaux. Il se pourrait même que les éléments anatomiques et les fluides des productions morbides homœomorphes ou hétéromorphes fussent formés des mêmes principes immédiats que tous les tissus et les humeurs de l'économie, mais seulement unis dans des rapports différents,

avec une fixité plus grande ou plus petite. Il se pourrait que la propriété diathésique ou d'infecter toute l'économie que présentent le cancer et le tubercule ne fût pas due à un principe immédiat différent de ceux qui existent à l'état normal, mais seulement à une réunion de ces principes en d'autres proportions, de manière à former de la substance organisée différente de celle qui est normale, puis des éléments d'une autre forme, d'une autre couleur, plus ou moins solubles que les précédents, et enfin doués d'autres propriétés vitales.

Il est très probable, en un mot, que l'*hétéromorphie*, c'est-à-dire la production de parties constituantes élémentaires du corps, différentes de celles qu'on trouve à l'état normal, ne commence pas encore aux principes immédiats, mais seulement aux éléments anatomiques. Il est très probable que les *substances organiques* composant les produits hétéromorphes sont les mêmes que celles des productions morbides homœomorphes et des tissus normaux, mais autrement combinées quant aux proportions. Peut-être cependant, par des procédés plus délicats, trouvera-t-on que ce sont des substances différentes de la fibrine, albumine, etc.

Il n'y a que pour les principes immédiats cristallisables que l'on peut trouver des exemples d'hétéromorphie, c'est-à-dire que les seuls principes immédiats parmi lesquels on en ait trouvé de différents de ceux qui existent à l'état normal sont des principes cristallisables du deuxième groupe : telle est la *cystine*, trouvée dans des calculs urinaires. Au contraire, en arrivant aux éléments anatomiques, nous en trouverons beaucoup d'hétéromorphes ou différents quant aux caractères physiques et aux propriétés vitales des éléments normaux, et pourtant contenant les mêmes principes immédiats. Il reste pourtant encore à voir si les graisses y sont les mêmes que dans les autres tissus, fait rendu probable par la présence de la cholestérine, qui est un principe homœomorphe. Enfin, il n'est pas absolument prouvé qu'il ne s'y trouve

pas des *substances organiques* différentes de celles des tissus et des humeurs normales.

246. — En étudiant les variations que présentent les corps organisés considérés au point de vue statique, suivant les conditions où ils se trouvent, nous avons vu qu'il faut examiner les particularités anatomiques qu'ils présentent au moment de leur formation, puis successivement pendant leur développement, métamorphoses, etc., et lors de leur mort ou terminaison (*Prolégomènes*, p. 6). Mais pour les principes immédiats, la formation est un fait chimique; ils ne présentent, par conséquent, pas d'états successifs : aussitôt formés, ils sont ce qu'ils resteront toujours; leur quantité seule augmente ou diminue. Par conséquent, nous avons dû nous borner à étudier les conditions de leur formation et celles de leur fin ou destruction, comme espèce de composé. Pour ne pas rester à un point de vue trop abstrait dans un sujet qui l'est déjà beaucoup, nous avons enfreint les prescriptions de la méthode, qui enjoint de ne pas mêler aux questions statiques celles de dynamique, et nous avons indiqué brièvement la nature des actes chimiques qui se passent lors de la formation, etc., des principes immédiats. Il faut, par conséquent, s'attendre à les voir rappelés dans l'article suivant, qui est emprunté à la physiologie; il en forme un préliminaire indispensable pour toute étude approfondie de la nutrition, comme l'étude statique des principes immédiats est un préliminaire indispensable à celle des éléments anatomiques, des humeurs et des tissus.

ARTICLE III.

PROPRIÉTÉS QUE PRÉSENTENT LES PRINCIPES IMMÉDIATS CONSIDÉRÉS DANS L'ORGANISME, OU DU ROLE DYNAMIQUE QU'ILS JOUENT DANS LES ACTES ORGANIQUES OU VITAUX.

247. — Les faits contenus dans cet article étant, comme on le voit par le titre, du ressort de la physiologie, il est

supplémentaire et n'a pas dû être indiqué parmi ceux qui rentrent dans ce chapitre.

248. — L'exposé que nous venons de faire des caractères d'ordre mathématique, physique, chimique, organoleptique et organique des principes immédiats n'a rien d'arbitraire. Ce n'est pas un ordre pris au hasard ni qu'on puisse remplacer par un autre. Il n'y a là aucune innovation hétérogène ou perturbatrice pour le mode jusqu'à présent suivi dans l'exposition écrite des faits scientifiques. C'est simplement le rétablissement dans l'ordre décroissant de leur plus grande généralité, indépendance et simplicité des caractères propres aux corps que nous étudions; au lieu de les exposer d'une manière incohérente ou de les laisser dispersés çà et là, ils sont rassemblés et enchaînés les uns aux autres. C'était le seul moyen de n'en omettre aucun et de donner à chacun l'importance qui lui est propre, sans l'exagérer en rien. Cet ordre (et les résultats généraux qui en découlent) se trouve être le même qu'il faut suivre pour étudier aussi d'une manière complète les autres parties des corps organisés.

Il était important d'observer rigoureusement cet ordre, en s'occupant de corps dont l'étude est tout à fait omise ou à peine faite.

α. Nature de la question.

249. — A chaque ordre de caractères des principes immédiats correspond rigoureusement un ordre de propriétés, de faits dynamiques.

Ces propriétés des principes immédiats sont les mêmes que celles qu'on observe dans le règne inorganique, avec cette différence, que les conditions dans lesquelles sont placés les corps qui les manifestent étant plus complexes, elles sont modifiées d'une manière corrélative. De là cette exception aux lois de la nature inorganique que manifestent les principes introduits dans les corps vivants, ou ceux qui les composent. Mais lorsqu'on vient à examiner analytiquement les phénomènes, en les dégageant successivement de toutes les conditions accessoires qui les

modifient, on arrive ainsi bientôt à les trouver entièrement analogues aux phénomènes de même ordre, comme aussi chacun de ceux qui les compliquaient se trouvait dans le même cas. Si, d'autre part, prenant un phénomène d'ordre inorganique, on vient à le compliquer successivement de conditions d'ordres divers, d'autres phénomènes s'effectuant dans le même lieu et en même temps, on en voit bientôt les manifestations tellement changées qu'il est difficile de reconnaître la part qu'il prend à l'effet total. Alors celui-ci doit être étudié dans son entier en lui-même, et il faut en établir les lois; car il est devenu d'une autre nature, c'est-à-dire de nature plus compliquée. C'est le cas des phénomènes vitaux. Mais cette étude de l'ensemble du phénomène total ne peut être suivie d'une manière sérieuse, approfondie et réelle dans tous ses détails, qu'autant qu'il a été fait une étude préalable de tous les actes élémentaires qui concourent à le constituer. Si le développement historique de nos connaissances sous ce rapport est inverse, si l'on a commencé par étudier l'acte total et complexe de vie ou vitalité comme un tout, au lieu d'examiner d'abord les actes élémentaires dont il est la manifestation, c'est que rien n'était plus naturel que de prendre d'abord le phénomène tel qu'il se manifeste à nous dans son ensemble et en lui-même, et de le personnifier, de le représenter par une entité. Puis, ce n'est que peu à peu, en l'analysant, qu'on est arrivé à reconnaître que chacune des actions de détail qu'il présente a des analogies avec celles de nature minérale, quoique leur ensemble, manifesté simultanément, diffère beaucoup de chacune prise séparément. Mais une fois faite, cette analyse, en procédant du composé au simple, en éliminant successivement chacun des faits reconnus comme se rattachant à une condition statique analogue à ce qui se voit dans le règne minéral, jusqu'à ce qu'il soit devenu impossible de pouvoir trouver place désormais pour quelque entité que ce soit; alors, disons-nous, il devient nécessaire de reprendre en sens inverse, du simple au composé, l'examen des mêmes phénomènes, pour voir de quelle ma-

nière ils s'enchaînent, et se modifient les uns par les autres.

β. Notions sur l'ensemble des actes élémentaires accomplis par les principes immédiats, et qui doivent plus loin être envisagés isolément.

250. — L'étude des principes immédiats nous conduit à prévoir de quoi est composée la substance du corps, de quoi est formée la matière de chaque fibre, cellule, etc., de chaque humeur, et, consécutivement à tout ceci, de quoi est formée celle des tissus, systèmes, organes, etc. Elle est formée de principes qui arrivent (cristallisables généralement), de principes qui restent (non cristallisables) et de principes qui sortent (tous cristallisables). Et c'est là un fait que présentent tous les êtres organisés, que cette entrée et cette sortie continuelles de principes, sans dislocation de ceux qui restent, desquels pourtant ils vont faire partie ou ont fait partie, par l'état desquels ils passent pour la plupart. C'est là ce qui fait dire ces corps *vivants*, mode d'activité tout à fait spécial aux êtres organisés; c'est là ce qui fait sentir qu'on ne peut et ne doit pas confondre l'*activité* générale de la matière brute avec là *vie*, ou activité spéciale aux corps organisés. Partout donc où un corps organisé manifeste une propriété quelconque de sensibilité, contractilité, ou seulement de sécrétion, reproduction, développement, il y a de toute nécessité, dans la matière de ce corps, cette allée et cette venue de ses matériaux. Cette allée et cette venue sont la condition d'existence de tout autre phénomène organique ou vital quelconque; et tant qu'elles continuent, il y a *vie;* dès qu'elles cessent, il y a *mort*, et il n'y a *mort* que lorsqu'elles cessent.

L'étude des matériaux eux-mêmes, qui sont en jeu dans cette allée, ce séjour, et cette venue dont nous parlons, et sur lesquels reposent tous les autres actes, nous fait sentir, de la manière la plus nette et la plus simple qu'on puisse concevoir, ce que c'est que la *vie* et quelles en sont *les conditions*. En effet, nous étudions ces dernières en ce qu'elles ont de plus simple et de plus irréductible; nous signalons aussi,

chemin faisant, l'acte le plus simple, le plus irréductible, correspondant à chacune de ces conditions. Mais nous n'étudions pas encore la *vie* prise en elle-même, l'acte total dont nous passons en revue l'une après l'autre chacune des conditions ; pourtant il suffit, pour concevoir en quoi elle consiste, de se représenter, s'opérant simultanément, tous les actes élémentaires que nous venons de signaler, chacun séparément. Rien ne met plus en relief, rien ne met plus en évidence chacune des conditions d'existence de la vie et chacun des actes correspondants qui la caractérise, que l'étude de l'origine des matériaux des principes, celle de leur formation surtout, et celle de leur fin, laquelle, pour les uns, est une formation d'autres principes dont il n'y a qu'à suivre l'issue. Ce relief est dû à ce que rien n'isole davantage les conditions de chaque action élémentaire, et en même temps chacun de ces actes; eux qui, s'opérant ensemble et simultanément en une même substance, constituent ce qu'on appelle la *vie* de cette substance.

251. — L'arrivée, le séjour et la sortie des matériaux de cette substance, voilà autant de conditions de son existence; l'entrée, le séjour et l'issue sont tous trois caractérisés par au moins un fait dynamique correspondant.

Au point de vue *statique*, ENTRÉE suppose état liquide ou gazeux de certains principes ou des matériaux des principes; SÉJOUR, c'est état solide, demi-solide, liquide ou gazeux, avec union en toutes proportions de tous les principes, d'où une existence organisée, d'où conditions complexes de phénomènes divers ; SORTIE suppose encore et naturellement état demi-liquide, liquide ou gazeux (solide pathologiquement, calculs) d'autres principes.

Voyons maintenant, par examen direct de ce qui précède, quels sont les actes dont les conditions d'accomplissement se trouvent remplies par ces états des principes immédiats.

Au point de vue *dynamique*, ENTRÉE, ce sont actes physiques d'endosmose précédés de dissolution directe de principes cristallisables, et de plus catalyse isomérique (chez les

animaux) des matériaux non cristallisables des autres principes; SÉJOUR, ce sont actes d'union directe des principes cristallisables entrant tout formés à ceux préexistant et de formation de principes non cristallisables par catalyse isomérique (d'où assimilation) : et simultanément, actes de formation par catalyses dédoublantes de principes cristallisables ou rarement par combinaison directe (d'où désassimilation); SORTIE, ce sont actes de dissolution directe, puis exosmose de principes cristallisables. Une fois sortis, ils se décomposent par catalyses et fermentations ; mais les produits sont stables, les actes isolés sont non continus : ce sont des actes chimiques dont l'étude n'appartient plus à la biologie, non plus que les conditions dans lesquelles ils ont lieu.

252.— Tels sont les actes élémentaires dont l'ensemble et la simultanéité caractérisent la vie végétative ou de nutrition, celle sur laquelle repose la vie animale. Ne dites pas que cette composition (*assimilation*) et cette décomposition continues (*désassimilation*), sont un double acte s'accomplissant sous la présidence de la *force vitale*. Cette force vitale est encore une entité. Ce qui préside à ce double acte continu, le plus simple de ceux que présentent les êtres organisés, c'est, comme pour tout acte quelconque, un ensemble de conditions; c'est cet ensemble de conditions complexes, représenté par le nombre considérable de principes immédiats réunis les uns aux autres, tous doués de propriétés différentes; propriétés dont chacune disparaît quelquefois dans cette réunion, modifiée qu'elle est par les autres et modifiant à son tour celles-ci, pour faire place à des propriétés nouvelles appartenant à la substance, nouvelle aussi, qui résulte de cette réunion. Ce qui préside enfin à ce double acte, qui est une de ces propriétés nouvelles apparaissant dans la nouvelle substance et lui appartenant en propre, c'est cet ensemble de conditions de température, d'état électrique, etc., dont l'absence fait disparaître le double acte, comme si l'on détruisait la substance même.

Vous voyez maintenant ce que c'est que cette *force vi-*

tale; car elle est connue, puisque nous venons de ramener les phénomènes dont elle personnifiait l'ensemble à un certain nombre d'actes élémentaires irréductibles à d'autres plus simples. On conçoit naturellement comment on a pu parler d'augmentation ou de diminution de la force vitale, d'hypersthénisant et d'hyposthénisant, de surexcitation de cette force, etc.; ce qui montre bien jusqu'à quel point on la personnifiait. On conçoit, disons-nous, comment on a pu parler ainsi, car on n'exprimait par là autre chose que l'état plus ou moins parfait de ces conditions d'accomplissement de la nutrition pour lesquelles leur complexité est une source incessante de variations en nombre illimité; et l'on se servait de ces expressions, parce qu'on ne connaissait pas encore ces conditions jusque dans leurs détails les plus irréductibles en autres conditions, ce qu'enseignent seulement l'histoire particulière de chaque principe et leur histoire générale. Dès lors, les phénomènes seuls des modifications de chacune de ces minutieuses conditions étaient analysés, forcé qu'on était de le faire par la pratique médicale; et faute d'en connaître la véritable cause, on l'attribuait à une force de création imaginaire.

Les effets étudiés et analysés étaient et restent réels; l'explication seule, c'est-à-dire la liaison des phénomènes aux conditions de leur accomplissement, était seule fautive. Il en sera involontairement et nécessairement ainsi tant qu'on n'aura pas étudié sous tous les points de vue chaque principe immédiat et cela aussi bien pour les végétaux que pour les animaux. A quoi rapporter, en effet, tel ou tel phénomène, si l'on ne connaît ses conditions d'existence, si l'on ne sait même pas qu'il y a dans l'être où il se passe une ou plusieurs parties constituantes de sa substance qui sont la raison d'être de ce phénomène. Ayant appris par expérience que nul *phénomène* ne s'accomplit si certaines *conditions* déterminées ne sont remplies, qu'en un mot il n'y a pas d'*effet* sans *causes*, il faut de toute nécessité le rapporter à celles-ci pour arriver à le modifier à notre avantage, en cherchant à modifier ces dernières.

253. — Ainsi donc, lors même que vous aurez reconnu que ce double acte d'assimilation et de désassimilation est un acte chimique au fond, tant que vous n'aurez pas exactement apprécié l'état des principes immédiats qui en sont les conditions d'accomplissement, vous le rapporterez, ce phénomène, à une *force vitale*, à une entité. Lors même que vous la ferez seulement présider à cet acte, comme si elle le regardait simplement s'accomplir sans y prendre part, cette entité ne sera guère moins nuisible ; elle est du moins inutile, puisqu'elle n'agit pas, et l'inutile, si près du nuisible, nuit réellement dans ce cas, en attirant involontairement les regards au lieu de faire étudier les principes, leur mode d'union, la substance qu'ils forment; et toujours, en n'ayant d'autre but que de lier les actes à leurs conditions d'accomplissement. Cette prétendue force vitale qui préside, c'est l'état d'union complexe des principes immédiats, qui fait que la plupart de leurs actes de formation et de décombinaison sont des actions chimiques particulières, dites de contact ou indirectes. Ce sont ces conditions complexes qui rendent l'acte d'une nature particulière et l'éloignent de ceux que nous offrent généralement les corps minéraux. Ces actes indirects ou de contact ont été découverts et étudiés hors de l'organisme, avant ceux de même ordre qui se passent dans l'économie ; mais il se trouve qu'ils sont de même ordre et non (sauf les cas de dissolution) identiques avec les actes de combustion, etc., observés dans le règne inorganique. Les chimistes qui ont dit que l'urine qui entre en fermentation est prise d'une nouvelle vie ont eu en quelque sorte de ces faits un vague pressentiment. Mais partant des phénomènes de combustion et autres pour en rapprocher les phénomènes moléculaires qui se passent dans l'économie, au lieu d'étudier d'abord ceux-ci en eux-mêmes, pour voir ensuite avec lesquels des phénomènes chimiques ils ont quelque analogie, ils ont pris pour analogues aux phénomènes vitaux les actes chimiques qui leur sont tout à fait opposés. Ce sont, en effet, des actes qui, par leur nature purement décomposante et destructive, ainsi que par la fixité

de leurs produits, caractérisent précisément la cessation du double mouvement d'assimilation et de désassimilation.

Ce qui est le mystère de la vie, ce qui échappe à nos sens, c'est la nature intime ou première de cette puissance ou propriété d'assimilation et de désassimilation; comme du reste nous échappe et nous échappera toujours aussi la nature intime de quoi que ce soit; comme se trouve être aussi le mystère de la chimie, la nature intime ou première de la puissance ou propriété de se combiner ou de ne pas se combiner que porte en soi tel et tel corps.

I. — PROPRIÉTÉS D'ORDRE MATHÉMATIQUE ET PHYSIQUE QUE PRÉSENTENT DANS L'ORGANISME LES PRINCIPES IMMÉDIATS ENVISAGÉS AU POINT DE VUE DYNAMIQUE.

254. — Dans l'organisme comme au dehors, comme les corps bruts, les principes immédiats peuvent cristalliser. Mais ces faits sont rares, accidentels et anormaux. Les faits dynamiques qui se rapportent à la cristallisation des principes dans les corps vivants, comme la formation des cristaux d'acide urique, de quelques phosphates dans les parois artérielles encroûtées de calcaire, de cholestérine dans un grand nombre de kystes, et de productions homœomorphes, ou bien tuberculeuses et cancéreuses, les faits qui s'y rapportent, disons-nous, n'ont pas été étudiés d'une manière particulière, comme on l'a fait pour les cristaux obtenus dans nos laboratoires. Mais, comme nous le verrons (1), les lois relatives à la figure des cristaux étant les mêmes que celles auxquelles se rattachent les formes des composés d'origine inorganique, on peut considérer comme démontré que les lois de leur formation sont les mêmes. Les variations plus nombreuses de forme, de groupements et de coloration de ces cristaux n'indiquent nullement une différence des lois de cette formation; mais si l'on tient compte des conditions de température, de la composition complexe du liquide où il se passe, des substances qui lui sont mélangées, de la composition du principe

(1) Voyez chapitre IV.

lui-même, on verra qu'il faut considérer les lois des phénomènes comme identiques au fond dans l'un et dans l'autre cas. Ce qui le prouve, c'est que nous voyons le résultat entièrement en rapport avec les causes qui l'ont produit.

255. — Parmi les propriétés physico-dynamiques que présentent les principes immédiats, il y aurait à étudier quelles sont les modifications aux lois ordinaires de l'endosmose que présentent les principes immédiats, lorsqu'au lieu de les prendre à l'état de solution simple, comme en physique, on les prend dissous les uns avec les autres. En essayant alors, soit avec des *sérums* naturels, ou avec des solutions albumino-salines, on pourrait voir quels sont ceux qui, dans telles ou telles conditions données, passent plus ou moins que les autres au travers des membranes animales. On pourrait, sans doute, se guider approximativement sur ces faits pour se rendre compte d'un certain nombre de phénomènes physiologiques; mais les expériences de ce genre restent encore à faire.

Quoi qu'il en soit, on ne saurait se refuser à reconnaître que les lois des phénomènes dynamiques que manifestent les principes immédiats dans l'économie sont les mêmes que celles qu'ils manifestent et que présentent aussi les corps d'origine minérale hors de l'organisme.

Seulement les conditions dans lesquelles ils se passent étant bien plus complexes que dans les cas artificiels, du côté des principes en dissolution comme de celui des solides, il en résulte que les résultats obtenus présentent des modifications correspondantes; de telle sorte que l'ensemble du phénomène diffère beaucoup de ce que nous observons en physique.

II. — PROPRIÉTÉS D'ORDRE CHIMIQUE QUE PRÉSENTENT DANS L'ÉCONOMIE LES PRINCIPES IMMÉDIATS ENVISAGÉS AU POINT DE VUE DYNAMIQUE.

256. — C'est sur l'étude chimique de chaque principe immédiat faite au point de vue dynamique, c'est-à-dire sous le rapport du degré plus ou moins grand de la fixité ou de l'instabilité de sa composition, puis de celles des combinai-

sons qu'il forme ou peut former avec d'autres principes, que repose entièrement l'étude de la *nutrition*. Celle-ci, poursuivie dans chaque élément anatomique et dans chaque humeur, y varie d'intensité et de rapidité, d'après la fixité ou l'instabilité des principes qui composent ces parties; d'après les quantités relatives de ceux qui sont plus et de ceux qui sont moins stables; d'après la fixité de leur union réciproque.

Cette dernière est plus ou moins fixe, mais ne se défait pas d'elle-même; il n'y a pas décomposition spontanée : celle-ci n'a lieu que parce que, aussitôt la combinaison faite, il se trouve auprès, en raison de l'état anatomique des principes (union intime par mélange et dissolution), quelque autre principe qui la décompose à son tour en se combinant à l'un de ses éléments. Celui-ci en éprouve ensuite autant, ou bien est expulsé, évacué, ou bien encore il reste, incruste les tissus, ou fait dépôt. C'est là ce qui constitue le double mouvement de composition et de décomposition, dont l'ensemble s'appelle *nutrition*, *phénomène de nutrition*, et a pour résultat l'*accroissement*, la persistance ou le *décroissement*, selon qu'il y a égalité des deux mouvements ou prédominance de l'un d'entre eux. L'excès de l'un des mouvements en dehors de ce qui arrive ordinairement est un fait *anormal ;* il prend le nom d'*hypertrophie*, pour le cas d'excès d'accroissement, d'*atrophie* pour celui de prédominance du décroissement. L'un et l'autre peuvent constituer des états *morbides* ou *pathologiques*, quand de cette modification de la propriété de nutrition résulte un trouble des autres propriétés vitales, des propriétés de tissus, ou des fonctions.

Ainsi envisagées séparément, sur chaque principe pris à part et d'une manière très distincte, dans le mouvement de composition d'une part, et de l'autre dans celui de décomposition, les propriétés des principes immédiats ne sont nullement physiologiques ou vitales. Les propriétés vitales reposent sur ces propriétés chimiques des principes immédiats, sans qu'on puisse pourtant les confondre avec elles ; car elles sont plus complexes.

Considérés ainsi en eux-mêmes séparément dans chacun des deux actes auxquels ils prennent part, les principes immédiats n'ont donc pas de propriétés physiologiques; nul phénomène de cet ordre ne se passe en eux. La seule particularité qui leur soit propre au point de vue dynamique et que ne partagent pas les corps d'origine minérale qui ne font pas partie du corps, c'est naturellement de prendre part aux actes les plus élémentaires (nutrition) de la matière organisée dont ils sont des parties constituantes.

Ce n'est qu'en étudiant la substance organisée, la matière du corps elle-même, que nous pourrons trouver réellement des *propriétés d'ordre organique* proprement dit ou *propriétés vitales.*

257. — Le double mouvement dont nous avons parlé doit être examiné séparément sous ses deux points de vue : l'un relatif au mouvement de composition, l'autre à celui de décomposition.

Nous prenons ici à part, d'abord le mouvement de composition, puis celui de décomposition. Cette considération abstraite se trouve avoir en quelque sorte sa réalisation concrète par l'état de mort, dans lequel les deux phénomènes sont suspendus, et qui nous livre les corps tels qu'ils sont après le dernier phénomène de composition.

Et cela dure quelque temps, plus ou moins, selon la température. Cela dure jusqu'à ce que, sous l'influence de l'air et de la chaleur, il se fasse un ferment, et alors commencent des actes chimiques, la *putréfaction.*

A. — *Mouvement de composition.*

258. — Le mouvement de composition qui forme l'un des phénomènes isolés de la nutrition, fait caractéristique de la vie, considéré isolément, est un fait de combinaison des principes immédiats à d'autres principes analogues ou non. Ce qui le prouve, c'est ce qu'on observe dans l'organisme vivant, à savoir, par exemple, l'union de ma-

tières calcaires avec une trame de substance azotée homogène ; matières qu'on peut enlever avec des réactifs convenables. Les produits de cette combinaison reçoivent le nom de *dépôts* ou *incrustations*, parce que, en général, une fois la combinaison faite, elle persiste, et il n'y a pas de mouvement de décomposition, ou bien il est extrêmement lent ; elles semblent, en effet, déposées là et y persister jusqu'à la mort, ou jusqu'à ce que quelque autre phénomène vienne les faire disparaître, ce qui est rare.

On peut soi-même, expérimentalement, remplacer, suppléer au mouvement de décomposition à l'aide des réactifs qui enlèvent ces substances, sans détruire, du moins en totalité, l'élément anatomique même. Des faits analogues s'observent dans les vaisseaux et d'autres organes de presque tous les sujets, à partir de l'âge de quarante-cinq à cinquante ans.

259. — Ce qui prouve bien qu'il n'y a là qu'un fait chimique de composition, c'est que, par des dissolvants appropriés, par une simple action chimique légère, on peut défaire ce qui a été fait. Seulement cette intime union entre des principes immédiats, chacun très complexe, offrant chacun pour son compte des actions chimiques plus simples déjà que les précédents, présente certainement quelque chose de tout spécial, qui différencie ce qui se passe là de tout ce qui, en fait de phénomènes chimiques, a lieu hors des êtres organisés. Mais de ce fait spécial, de ces actions chimiques toutes particulières, on s'en rend compte lorsqu'on se rappelle les conditions toutes spéciales aussi dans lesquelles elles se passent, de cette dissolution et de ce mélange réciproques, sans analogues ailleurs que dans les êtres vivants.

260. — Du reste, il faut bien se rappeler que tout ce que nous pouvons faire en pareille matière, comme toutes les fois qu'il s'agit de pousser l'étude d'un phénomène quelconque, physique, chimique, organique, etc., jusqu'au dernier degré d'analyse, se borne à établir une corrélation aussi intime que possible entre les conditions du phénomène et le phénomène. Nous ne pouvons aller plus loin ; la prétendue découverte de

la nature intime, de la cause première des choses, à laquelle on a cru arriver quelquefois, n'est jamais allée au delà.

C'est, au reste, tout ce dont nous avons besoin, que connaître les conditions du phénomène d'une part, le phénomène de l'autre, et en troisième lieu la corrélation qui existe entre les conditions d'action et l'action.

Cela connu, nous pouvons modifier l'acte à notre avantage, en modifiant l'instrument, ou bien modifier cet agent lui-même, si nous modifions le phénomène par un changement apporté aux *milieux* dans lesquels il se passe.

« Je crois, dit M. Chevreul, qui partout a traité ces questions fondamentales d'analyse des phénomènes vitaux et chimiques avec une remarquable supériorité, je crois avoir démontré que c'est principalement à la chimie qu'il appartient de rendre compte des transformations que les êtres organisés font éprouver à la matière des aliments. Je crois que beaucoup de phénomènes naissant de ces actions peuvent être rapportés aux actes étudiés par les sciences physico-chimiques. J'émets aujourd'hui cette proposition avec bien moins de réserve qu'à l'époque où j'écrivais les réflexions relatives à la recherche des *causes d'où émanent les phénomènes de la vie*, à la fin de mon ouvrage sur l'analyse organique ; mais quand tous les phénomènes de la respiration, circulation, sécrétions, digestion, etc., seront expliqués par les sciences mécanique, physique et chimique, nous n'en serons pas plus avancés sur la cause première de la vie (1). »

Rien de brutal, rien d'aussi fatalement nécessaire que ce phénomène de composition, de combinaison des principes immédiats entre eux ou avec d'autres composés quelconques. Vous croyez peut-être que chaque élément anatomique composé de tels et tels principes immédiats va choisir dans ce

(1) Chevreul, *Recherches chimiques sur la teinture* (sixième mémoire). *Des principaux changements qu'éprouve le bleu de Prusse fixé sur les étoffes, et appendice à ce mémoire contenant quelques considérations générales et inductions relatives à la matière des êtres organisés* (*Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences de Paris*, 1837, 2e semestre, t. VI, in-4, p. 132, 167, 171, séance du 7 août 1837).

qui l'entoure ce qui lui convient, et rejeter ce qui ne lui convient pas, ce qui peut l'altérer, puis en troubler les propriétés? Nullement. Les principes immédiats vont se combiner quand même, avec tout ce qui a la propriété de s'unir à eux, utile ou nuisible ; tant mieux si cela est convenable, tant pis si cela est inutile ou nuisible. Il peut se combiner, il se combine fatalement ; plus de choix, plus d'élection affective, dès que le principe immédiat est en présence d'un autre principe, alibile ou mortel, peu importe.

Tant que les conditions ordinaires d'existence persistent, à grand'peine maintenues, grâce aux soins continus dans le choix des aliments et des engrais, dans l'élévation, l'abaissement ou le maintien de la température, tout va bien pendant un certain nombre de mois ou d'années. Mais vienne un aliment nuisible à l'ensemble, un principe immédiat accidentel, comme la narcotine, l'alcool, le sublimé ou quelque autre composé, il se combine aussitôt avec tout principe immédiat qu'il rencontre, parce que c'est sa propriété de se combiner. Tout change, tout le mécanisme est dérangé pour plus ou moins de temps, ou même détruit. Là où semblait régner tant de prévoyance, vous ne trouvez que *propriété* du principe immédiat de se combiner au principe immédiat ; et tout disparaît si vous n'êtes incessamment votre providence à vous-même, car le moindre oubli devient cause d'une perturbation de toute l'économie, dont les fonctions se trouvent dérangées, devenues disharmoniques pour quelques heures, quelques jours, ou quelques mois.

B. — *Mouvement de décomposition.*

261. — L'acte de décomposition qui forme l'autre phénomène isolé du double mouvement, qui se passe dans les éléments anatomiques d'une manière continue, est également chimique.

C'est un fait de décombinaison : 1° soit d'une substance organique non cristallisable qui perd un des composés cristallisables qui concouraient à la former, pendant que, d'autre

part, elle se combine à quelque autre; 2° ou bien qui, se divisant en deux ou plusieurs composés plus simples, disparaît en totalité au point de vue élémentaire, pendant qu'une semblable substance, encore intacte et nouvellement formée, la remplace intégralement.

262. — Ce qui prouve l'existence du mouvement de décomposition des principes immédiats, c'est d'abord la possibilité d'enlever par divers dissolvants des principes immédiats calcaires ou graisseux combinés avec d'autres principes, insolubles dans les réactifs ci-dessus, lesquels principes restent sous forme d'une trame légère formée de principes azotés. L'inverse peut se faire, par exemple, pour les incrustations calcaires ou les os, dont on enlève par les alcalis les principes immédiats azotés, en laissant au contraire les sels de chaux.

263. — Cette décomposition intime et continue des principes immédiats présente bien aussi, comme l'acte de composition, quelque chose de spécial que ne présentent pas les phénomènes chimiques étudiés dans le vide et les milieux; mais de ces actions chimiques décomposantes toutes spéciales, on s'en rend compte tout aussi bien et même mieux que du mouvement de composition. Les conditions de mélange et de dissolution dans lesquelles il se passe sont, en effet, bien différentes de celles qu'on observe hors des êtres vivants.

L'acte décomposant a, en effet, pour résultat la production de composés, de principes beaucoup plus chimiques, beaucoup plus analogues à ceux du règne minéral que l'autre. Celui de composition donne naissance, en effet, à des composés bien plus organiques ou anatomiques, bien plus éloignés de ceux que nous pouvons faire artificiellement. C'est lui qui a pour résultat la production de la fibrine, albumine, musculine, etc.; c'est celui de décomposition, au contraire, qui donne lieu à la formation de la créatine, cholestérine, urée, des acides hippurique, lactique, urique et autres corps que nous pouvons fabriquer nous-mêmes artificiellement.

264. — Rien de moins soumis à une prévision quelconque

que ce mouvement de décomposition, de dédoublement et d'expulsion des principes immédiats, nuisibles ou utiles. Au contraire, ceux qui, introduits accidentellement, nuisent aux fonctions en altérant les éléments, étant ceux dont les combinaisons présentent la plus grande fixité, de tous sont ceux qui se décomposent avec le plus de difficulté et sont le plus difficilement remplacés par d'autres. Quant aux principes normaux, on pourrait croire que lorsqu'on cesse tout exercice qui demande une grande dépense de force, leur mouvement de décomposition cessera aussi, ou du moins se ralentira au point de permettre la cessation absolue ou presque absolue d'aliments. Mais il n'en est rien. L'exhalation de l'acide carbonique, le dédoublement des substances organiques en urée, acide urique, créatine, etc., n'en continuent pas moins, et le décroissement du volume du corps marche d'une manière rapide.

Au contraire du mouvement de décomposition, celui de composition, donnant lieu à la formation de substances plus complexes, demande pour s'effectuer des conditions plus compliquées et par suite plus difficiles à remplir ; aussi c'est le premier qui s'altère ou cesse. Rien de prévu pour le cas où quelque cause intérieure viendra faire cesser la préhension des aliments, ou changer ces conditions du mouvement de composition des principes immédiats, si difficiles à maintenir d'abord d'une manière absolue, puis si difficiles à maintenir dans un même rapport pour tous les tissus. Dans tous ces cas-là, le mouvement de décomposition n'en continue ordinairement ni plus ni moins que si tout le reste était normal, ou, du moins, à peu de chose près. Les corps gras, dira-t-on, sont des principes immédiats alimentaires en réserve pour suppléer aux substances alibiles introduites du dehors lorsque celles-ci viennent à manquer. Mais la raison est mauvaise, car il est bien vrai que ces principes disparaissent par un lent mouvement de décomposition ; mais pour cela les principes qui constituent les éléments anatomiques des autres tissus n'en disparaissent pas moins. On ne voit pas que les premiers

remplacent les seconds et que les tissus formés par ceux-ci soient conservés. Les uns et les autres disparaissent, les uns plus, les autres moins vite, mais tout n'en disparaît pas moins. Il y a bien quelque chose de moins brutal dans le mouvement de décomposition, comparé à l'énergie et à la rapidité avec lesquelles un principe étranger à ceux des corps organisés se combine aux leurs ; mais aussi rien de plus fatalement nécessaire et continu que la décomposition de ces principes normaux.

265. — Il ne se passe pas de putréfaction ni de fermentation dans l'économie, comme phénomène normal, pendant la vie. Cependant chez les enfants et les adultes, dans les cas de muguet, ainsi que dans quelques autres circonstances morbides, il se développe une putréfaction à la surface de la langue, aux dépens du mucus et des épithéliums qu'il tient en suspension. Il s'en développe dans les interstices des dents, aux dépens des détritus alimentaires, du mucus et des globules de pus qui s'y trouvent mélangés. Chez les malades, la putréfaction des épithéliums desquamés a lieu quelquefois à la surface de la peau, parce que les conditions d'humidité par la sueur et de température s'y rencontrent. Enfin, la fermentation ammoniacale se développe dans la vessie toutes les fois que l'urine purulente vient à séjourner plus de vingt-quatre heures sans être expulsée.

Il se manifeste plus ou moins rapidement de véritables putréfactions dans les matières fécales retenues dans le tube digestif par une cause morbide quelconque. Il en est de même pour le pus et plusieurs autres liquides morbides qui sont placés près d'un organe pouvant laisser passer l'air par endosmose : telles sont les collections de pus des parois buccales, celles du périnée, etc.

266. — Nous avons vu que dès qu'un fragment de tissu, un élément anatomique ou une portion de liquide, se trouvent détachés des autres ; que dès qu'ils ont cessé d'être soumis au double mouvement continu de composition, qui est le fait caractéristique de la vie, ils absorbent de l'oxygène, rejettent

de l'acide carbonique. Dès lors, ils ont subi une altération, ou, si l'on veut, une modification, et ils ont acquis la propriété de déterminer des catalyses ou des fermentations.

Ces conditions se rencontrent fréquemment sur le corps d'un animal, et si en même temps il se trouve un corps fermentescible ou catalysable, il ne faut pas croire que la fermentation n'aura pas lieu. Les conditions de température et d'humidité sont, du reste, aussi favorables que possible. Des putréfactions se développent conséquemment assez vite, lorsqu'on a ouvert de vastes foyers purulents : dans les suppurations étendues, consécutives aux fractures comminutives avec plaies, ou au broiement des membres; dans la cavité utérine, lorsque des débris de placenta ou des caillots restent attachés à sa face interne et se trouvent soumis au contact de l'air, par suite du temps prolongé que met quelquefois l'utérus pour revenir sur lui-même. Or, toutes les fois qu'un liquide, quelle que soit sa nature, se trouve directement au contact des parties vasculaires, ce liquide ne peut pas ne pas être absorbé; il est impossible qu'il n'en pénètre pas dans le courant circulatoire. C'est ce qui a lieu; et de l'absorption de ces liquides putréfiés résultent les symptômes et les désordres si graves de l'économie, distingués sous le nom d'*infection putride*. Ces liquides sont des corps catalytiques et des ferments; ils se trouvent au contact de corps catalysables et fermentescibles; aussi plusieurs des altérations que l'on rencontre dans ces affections nous montrent qu'il y a eu un commencement de décomposition, déjà durant la vie. De plus, les expériences de M. Cl. Bernard ont montré qu'en injectant de la levûre dans le sang des chiens, on détermine des accidents et des lésions analogues à celles qu'on trouve après la mort par infection putride.

267. — *Notions sur l'ensemble des phénomènes précédents, servant de transition immédiate à l'étude directe des phénomènes de la vie.*

La décoloration du bleu de Prusse sous l'influence de la lumière, et sa recoloration dans l'ombre sous l'influence de

l'oxygène (1), sont des phénomènes très propres à faire sentir clairement comment l'*étude des propriétés physiques, chimiques et organoleptiques d'un principe immédiat*, FAISANT PARTIE D'UN ÊTRE ORGANISÉ, *peut rendre compte des phénomènes que l'on attribue à une force vitale, lorsqu'on ignore les propriétés de ce principe et son existence dans la matière, siége des phénomènes.* Tels sont les phénomènes de non-précipitation de certains sels, qui, hors de l'économie dans les dissolvants ordinaires, présenteraient des faits de double décomposition, et dont la stabilité, quand ils sont dans nos humeurs, est assez généralement expliquée par la prétendue influence d'une force vitale, parce qu'on ignore l'existence et les propriétés des principes qui les accompagnent.

Il serait impossible, dit M. Chevreul, de ne pas rapprocher les phénomènes chimiques de décoloration et de recoloration du bleu de Prusse dans l'air lumineux et l'air obscur, de ceux de composition et de décomposition que présentent les principes immédiats dans les corps organisés. Il est impossible de ne pas rapprocher ces deux phénomènes de ceux que manifestent les êtres organisés vivants, lorsqu'ils exhalent une portion de leur propre matière dans un temps, et absorbent de l'oxygène dans le temps suivant, et enfin lorsque après une répétition plus ou moins multipliée de ces actes, il arrive un terme où, ne pouvant plus les exécuter, ils cessent d'être réputés *corps vivants* : ce sont des corps organisés morts.

« En effet, supposons une étoffe de coton couverte d'une quantité de bleu de Prusse telle que dans le temps où elle recevra le soleil d'une journée de la zone torride, la couleur bleue passe au blanc : il est clair qu'il y aura exhalation de cyanogène, c'est-à-dire d'une portion de la matière du bleu de Prusse, tandis que dans la nuit qui suivra cette journée, l'étoffe reprendra sa couleur parce qu'il y aura une absorption d'oxygène atmosphérique ; cet oxygène, en réagissant sur le protocyanure de fer, se convertira en peroxyde et en bleu de Prusse. Supposons maintenant que l'étoffe reco-

(1) CHEVREUL, *loc. cit.*, 1837, p. 175.

lorée, exposée pendant une seconde journée au soleil, se décolore et qu'elle reprenne sa couleur dans une seconde nuit, et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'il ne reste plus que du peroxyde de fer sur le coton, il est évident que le terme où cessera ce phénomène d'exhalation du cyanogène et d'absorption d'oxygène de l'air semble correspondre à la mort de l'être vivant. »

Parmi les phénomènes que l'on peut rapprocher de ceux que présentent les étoffes teintes en bleu de Prusse, on peut citer les phénomènes de respiration des plantes.

« La proposition suivante, dit M. Chevreul, fera comprendre toute ma pensée. Admettons qu'un être organisé contienne du bleu de Prusse dans un liquide faisant fonction de séve ou de sang, et que ce liquide pénètre dans un organe recevant de la lumière, une action capable de réduire le principe colorant en cyanogène et en protocyanure. Supposons qu'il y ait exhalation du cyanogène, puis absorption d'oxygène, et que cet oxygène étant entraîné avec le protocyanure dans les organes soustraits à l'influence de la lumière, il y ait formation de bleu de Prusse et de peroxyde de fer, l'exhalation du cyanogène et la décoloration du liquide contenant le bleu de Prusse, puis la *recoloration* de ce liquide par suite de l'absorption de l'oxygène, seraient des phénomènes incompréhensibles pour celui qui ignorerait la propriété signalée plus haut dans le bleu de Prusse ; il ne manquerait pas de les rapporter à une force vitale, tandis que la cause en serait toute simple pour le chimiste initié aux secrets de ces réactions chimiques (1). »

Résumé sur le rôle dynamique que jouent les principes immédiats dans l'organisme.

268. — Jusqu'au dernier moment, nous avions cru devoir ne pas placer ici le contenu de cet article qui est extrait du manuscrit d'un autre ouvrage ; cela nous a entraîné à introduire dans l'article précédent des questions dyna-

(1) Chevreul, *loc. cit.*, 1837.

miques qui ne s'y rapportent pas et qui doivent être classées dans celui-ci, dans les endroits où nous l'indiquerons par des renvois. En effet, les principes immédiats aussitôt *formés*, quelque petite que soit leur quantité, ont immédiatement et conservent leurs caractères spécifiques, jusqu'à ce qu'ils soient décomposés en plusieurs autres espèces, ou en une seule s'il y a un simple changement isomérique, c'est-à-dire, un simple changement de composition immédiate. Ils ne présentent donc pas comme les individus organisés, comme les individus *éléments anatomiques*, par exemple, etc., une série d'états successifs appelés *âges*, dans lesquels, ces individus, à partir de leur naissance, sans perdre leurs caractères spécifiques, offrent pourtant à étudier quelques modifications secondaires de ces caractères anatomiques, et en physiologie des modifications correspondantes des actes qu'ils accomplissent. En un mot, les principes immédiats sont les seules parties constituantes de l'*organisme* qui ne partagent pas avec lui la propriété de présenter des changements secondaires dans leurs caractères depuis le moment de la naissance de l'être jusqu'à un certain moment appelé *âge adulte*, ou mieux jusqu'à celui de sa fin, mort ou terminaison. Ce sont, en effet, les seules parties de l'organisme qui elles-mêmes ne soient pas *organisées*, car ce sont elles qui, par leur réunion, forment la substance de celles des parties de l'organisme qui sont organisées.

Par conséquent, dans l'article II, division 2[e], nous n'avons pas eu à constater sur les principes immédiats des modifications analogues à celles que présentent les caractères des autres ordres de parties, parallèlement aux changements successifs de l'organisme au fur et à mesure des progrès de l'âge. Nous n'avions pas, comme dans l'étude des éléments anatomiques, à étudier les caractères qu'ils offrent au moment de leur naissance, puis à chaque phase de leur développement (et de leurs métamorphoses pour ceux qui en subissent), parallèlement aux modifications des caractères que présente à chaque période de son évolution l'organisme qu'ils

constituent. Au lieu de cela, nous avions seulement à voir quelles sont les conditions de formation et de fin ou d'issue que présente, aux principes immédiats, l'organisme à dater de sa naissance dans un autre organisme jusqu'à sa mort. Ce problème général s'est subdivisé, comme nous avons vu, en trois autres secondaires : 1° condition d'entrée des matériaux ; 2° conditions de formation des principes à leur aide ; 3° conditions d'issue des principes. Nous avons en même temps indiqué et même développé la nature des actes qui se passent alors ; c'est là un manque de méthode dont nous avons indiqué les motifs. Quoique peu considérable, nous avons dû le signaler pour ne pas encourir de reproche à cet égard. Nous avons dû le signaler, en outre, pour mettre plus de netteté dans la distinction des diverses questions statiques et dynamiques que nous venons de rappeler. Cette distinction est importante, et de plus elle est difficile à saisir, quoique très réelle. Elle est difficile à saisir, parce que c'est pour la première fois qu'elle est établie dans les phénomènes de cet ordre, dans les actes les plus élémentaires qui se passent dans l'économie. Elle est difficile, enfin, parce que toutes les fois qu'il s'agit d'actes moléculaires, lesquels s'effectuent instantanément au fur et à mesure que se rencontrent les conditions de leur accomplissement, il arrive presque toujours qu'on ne tient pas compte de la différence qui existe entre les deux choses, quoiqu'il soit tout aussi important de le faire à propos de ce genre de phénomènes que de tout autre.

L'étude dynamique des principes immédiats (article III), comprend :

1° L'examen des phénomènes qu'ils présentent, pris tous ensemble lors de leur entrée, de leur séjour et de leur issue. C'est ce que nous avons fait page 266, § 250. Nous avons commencé par observer ces phénomènes sous ce point de vue, parce que toutes les fois qu'il s'agit des corps organisés, il faut procéder du composé au simple, du connu à l'inconnu, des phénomènes les plus manifestes qui sont les plus complexes, aux plus simples qui ne peuvent être constatés

que par la subdivision analytique des précédents (1). Nous avons vu alors que les phénomènes d'entrée, de séjour ou mieux de passage et ceux de sortie, sont les uns de nature physique, les autres de nature chimique ou moléculaire.

269. — Nul principe immédiat pris isolément dans l'organisme n'est quelque chose par lui-même ; aucun des trois groupes dont nous avons parlé non plus. Mais tous les trois réunis forment une substance nouvelle, qui se nourrit, qui se développe, qui se reproduit, qui chez les animaux est contractile et sensible. C'est en étudiant cette substance sous ses différentes formes, que nous aurons à étudier ces actes, ces propriétés nouvelles, sans analogues dans le règne minéral ; mais ici ce sont les principes immédiats considérés isolément que nous prenons. Or, comme ce sont eux qui constituent la matière qui se nourrit, qui se développe, se reproduit, etc., ils sont nécessairement en jeu, surtout dans le premier de ces actes.

Ce jeu des principes ne comprend pas un seul ordre d'actes. Nous avons vu qu'il y en a trois : actes d'entrée; actes de sortie ; et actes durant le séjour intermédiaire à l'entrée et à la sortie, séjour dont la durée varie suivant chaque espèce.

Il n'y a pas non plus un seul ordre de principes immédiats ; il y en a trois, et naturellement les phénomènes qu'ils offrent pendant leur entrée, sortie et séjour, présentent pour chacun d'eux quelques différences qui sont en rapport avec leur nature.

1° Pour les principes d'origine minérale, en général, les actes exécutés sont, les uns physiques : ce sont des phénomènes d'endosmose et d'exosmose des gaz et des principes liquides soit directement, soit par dissolution, qui ont lieu à l'entrée et à la sortie des principes. D'autres actes sont chimiques, et ce sont des actes chimiques directs, ce qui est en rapport avec la nature peu complexe de ces corps. Tels sont les phénomènes de dissolution qu'ils présentent, soit au mo-

(1) Voyez *Prolégomènes*, p. 39, § 30.

ment de leur entrée, lorsqu'ils trouvent alors seulement les conditions nécessaires à cette dissolution, soit lorsque, ayant été fixés aux substances organiques, ils les abandonnent pour sortir. Tels sont encore les actes qui ont lieu lorsque des sels neutres se trouvant en présence d'un acide, même faible, ils perdent peu à peu une partie de leur base; ou lorsque les carbonates en présence de l'acide carbonique passent à l'état de bicarbonates : tels sont enfin les phénomènes d'union des phosphates, etc., aux substances organiques des éléments.

2° Pour les principes d'origine organique cristallisables, ceux des principes cristallisables qui, ainsi que nous l'avons vu, ne trouvent en général que dans l'économie les conditions de leur formation, les phénomènes de cette formation même sont des actes chimiques indirects; ceux qui sont acides en présentent de directs quand ils enlèvent à quelques uns des précédents un peu de leur base. Enfin les phénomènes de leur issue sont des actes physiques d'exosmose.

3° Chez les animaux, les principes d'origine organique non cristallisables accomplissent aussi des actes physiques et chimiques. Chez les animaux, lors de leur entrée, de celle de leurs matériaux du moins, ils manifestent des actes physiques d'endosmose; leur sortie, qui est généralement morbide, est un phénomène d'exosmose. Chez les végétaux, les phénomènes de leur formation sont des actes chimiques indirects, de catalyses combinantes; chez les animaux, ce sont seulement des catalyses isomériques, et les phénomènes de leur fin, comme espèce, qui a lieu dans l'économie, sont des catalyses avec dédoublement.

Comme nombre d'actes physiques et chimiques, ceux-ci, ceux de combinaison, c'est-à-dire de formation des principes surtout, ont pour résultat la production de chaleur et d'électricité. Ces résultats sont inappréciables par les moyens que nous possédons quand on prend isolément, comme nous le faisons, les différents groupes des principes immédiats ou chacune des actions qu'ils manifestent; mais plus tard, à l'autre extrémité de la physiologie, nous retrouverons comme ré-

sultat général de la simultanéité de tous ces actes physiques et chimiques, la production de chaleur et d'électricité.

270. — Si maintenant nous résumons les actes que nous offrent à étudier les principes dans l'économie, en prenant ces actes eux-mêmes pour base de division, nous trouvons :

1° Des actes physiques. Ils ont été étudiés dans cet article (I, p. 271) ; déjà nous les avions signalés en parlant des conditions d'entrée et de sortie des principes immédiats (§§ 229 et 233).

2° Enfin l'étude dynamique des principes immédiats comprend l'examen des actes chimiques offerts dans l'organisme par les principes immédiats. Ce sont les plus nombreux et les plus importants. Comme il s'agit là de phénomènes que présentent des parties constituantes des corps vivants, c'est dans leur étude le point de vue organique, le point de vue subjectif qui doit dominer en établissant les divisions nécessaires à leur examen. En un mot, en établissant ces divisions, il faut se rappeler que c'est l'acte vital de nutrition que nous analysons, que nous ramenons à ses actes élémentaires ; ce n'est donc pas au point de vue chimique ou inorganique que nous devons nous placer pour faire cette étude analytique (1). En effet, en étudiant la physiologie, nous sommes censés connaître la chimie ; par conséquent, ce n'est pas en tant qu'actes chimiques que nous étudions les actes élémentaires de la nutrition, mais au contraire c'est en les examinant dans le corps vivant que nous les reconnaissons analogues à des phénomènes chimiques déjà connus et étudiés dans la science correspondante.

De ces actes chimiques, les uns sont relatifs :

A. — Au mouvement de *composition* ou *assimilation* (p. 218, § 205, et plus haut, division A de cet article, p. 274).

a. Les uns sont des actes chimiques directs, ou semblables à ceux que présentent naturellement les corps bruts (actes de dissolution, etc.). (p. 236, § 222). Ils ont pour

(1) Voyez *Prolégomènes*, p. 39.

résultat l'assimilation des principes déjà formés dans les tissus et les humeurs.

b. Les autres appartiennent à un ordre d'actes chimiques qui ne se rencontre *naturellement* que dans les corps vivants, mais que dans le vide et les milieux extérieurs on peut modifier artificiellement de mille manières, quant au résultat, quant à la nature des produits, et aussi multiplier, en se servant soit des composés extraits des corps organisés, soit même de corps d'origine minérale placés dans certaines conditions de température, d'électricité, etc. Ce sont des phénomènes chimiques dits de contact ou indirects, parce qu'ils n'ont lieu qu'en présence d'un corps, de quelque corps qui ne cède rien, n'emprunte rien à ceux qui agissent, et semble ainsi n'agir que par sa seule présence. Dans ce cas, il se passe chez ces végétaux, de ceux qui sont appelés catalyses combinantes (§§ 203 et 223); et chez les animaux, de ceux appelés catalyses métamorphosantes ou isomériques (§§ 203 et 206). Ces actes ont pour résultat la formation, l'apparition de nouveaux principes immédiats, de principes semblables à ceux déjà existants dans l'être formé, le constituant essentiellement, et différant de ceux que l'on trouve dans le règne minéral.

De ces actes chimiques, les autres sont relatifs :

B. Au mouvement de *décomposition* ou de *désassimilation* (§ 210 et division B de cet article, page 277).

a. Les uns sont des actes chimiques directs, soit de dissolution de principes fixés depuis plus ou moins de temps, soit même de combinaison (phosphate de magnésie et ammoniaque). (Page 227, § 212, 2°, et §§ 222 et 239.)

b. Les autres sont aussi des phénomènes chimiques indirects ou de contact; quelquefois ce sont des catalyses métamorphosantes ou isomériques (§§ 213, 214 et 223); mais plus souvent ce sont des catalyses dédoublantes (§ 212, 1°, et § 222).

Ces actes ont aussi pour résultat la formation, l'apparition

de nouveaux principes immédiats, semblables à des principes déjà existants, mais qui ne constituent le corps qu'accessoirement, et surtout quoique différant de ceux qu'on trouve dans le règne minéral, ils leur sont analogues par la propriété de cristalliser.

271. — Enfin, après la mort, l'organisme ou les portions d'organisme sont encore le siége d'actes chimiques qui sont analogues aux précédents, considérés isolément et non dans leur accomplissement simultané, en ce que ce sont des actes chimiques indirects ou de contact; mais ils en diffèrent par l'intensité des actes et la fixité des produits qui, en définitive, se trouvent être des espèces de composés semblables à ceux des milieux ambiants : ce sont les actes chimiques indirects appelés *fermentations* ou putréfactions.

272. — Ainsi donc, nous voyons les principes immédiats ne manifester que des actes physiques et chimiques; mais ils sont pour la plupart différents de ceux connus dans les sciences inorganiques, de ceux étudiés en chimie, car ils ont lieu dans des conditions infiniment plus complexes que ceux que nous produisons artificiellement dans les milieux cosmologiques. C'est ainsi que nous voyons les phénomènes de contact ou indirects être des phénomènes chimiques ou moléculaires, naturels, constants, chez les êtres organisés où ils acquièrent même leur plein développement; et c'est là que la chimie est venue puiser spontanément, sans assez le prendre en considération malheureusement, les germes de cet ordre de phénomènes chimiques dont elle a développé chacun isolément, de la manière la plus caractéristique, en les faisant s'accomplir dans des conditions plus simples, plus dégagées des phénomènes accessoires, soit chimiques directs, soit physiques. Mais elle l'a fait confusément, sans ordre, faute d'une doctrine qui ait permis aux chimistes d'embrasser l'ensemble des sciences, et bien plus, l'ensemble même de celle dont ils font leur spécialité. Ils n'ont pu envisager cet ordre d'actes chimiques sous son véritable point de vue; de là cette confusion qui y règne encore et en fait sembler

la connaissance beaucoup moins avancée qu'elle ne l'est réellement.

Ainsi, les actes dont les principes immédiats sont les agents essentiels; l'organisme, qu'en définitive ils constituent, ont constitué ou vont constituer, représente le lieu et les conditions d'activité; ces actes, quoique physiques et chimiques, doivent être étudiés, chacun à son tour, dans le lieu où ils se passent, à l'aide des connaissances physiques et chimiques, mais sans pouvoir être déduits de celles-ci. Il faut donc connaître l'organisme où ils ont lieu, connaître l'anatomie pour les étudier. Et il faut les étudier avant d'aborder l'étude de la vie, afin de la connaître profondément. Cette étude est, comme nous l'avons dit, un préliminaire, si l'on veut; mais il est indispensable de le connaître avant de pénétrer dans le cœur de la question.

CHAPITRE II.

CLASSIFICATION DES PRINCIPES IMMÉDIATS.

273.—Le chimiste distingue les corps en espèces, et parce que les espèces sont nombreuses, il est forcé d'établir des genres et même des ordres ; il est ainsi conduit à une méthode de classification qui est tout à fait étrangère à l'étude du physicien : celui-ci s'occupe bien des propriétés des corps, mais il n'en considère que les plus générales, et, s'il lui arrive d'étudier une série de corps, c'est seulement relativement à une même propriété que ces corps présentent à des degrés différents d'intensité (1).

Si déjà le chimiste est obligé de distinguer les corps qu'il étudie en espèces qu'il faut ensuite classer, à plus forte raison en est-il ainsi de l'anatomiste, comme on va le voir. Mais lors même qu'il s'agit de part et d'autre de classer des corps d'une composition élémentaire identique, la classification de

(1) Chevreul, *loc. cit.*, 1824, p. 12.

l'anatomiste ne ressemble en rien à celle du chimiste, parce que chacun d'eux se place à un point de vue différent. L'un se place au point de vue anatomique, au point de vue de la constitution de l'organisme, l'autre ne tient compte que du degré de complication croissante des corps qu'il classe, ainsi que de quelques uns de leurs caractères principaux de forme, coloration, réfraction, etc.

274. — La classification des principes immédiats est cette partie de leur histoire qui a pour objet ou pour but leur *réunion en groupes naturels, et la coordination de ceux-ci en une seule série, destinée à servir ensuite de base indispensable à l'ensemble des considérations statiques et dynamiques auxquelles chacun d'eux, pris à part, peut donner lieu.*

Il y a donc deux opérations à faire pour arriver à ce but : dans la première, on forme d'abord les groupes naturels par *comparaison*, d'où *généralisation;* dans la deuxième, on *coordonne* ces groupes eux-mêmes, d'où *systématisation.*

Ces deux opérations reposent sur la comparaison des caractères étudiés dans les corps qu'il s'agit de classer.

La formation des groupes consiste à saisir entre les espèces plus ou moins nombreuses de principes un tel ensemble de caractères essentiels analogues que, malgré leurs différences caractéristiques, les espèces appartenant à une même catégorie quelconque soient toujours en réalité plus semblables entre elles qu'à aucune des espèces d'un autre groupe. Il en résulte que la connaissance des caractères de chaque catégorie coordonne et résume de la manière à la fois la plus naturelle et la plus synthétique que l'on puisse concevoir l'ensemble des notions relatives à chacune des espèces de principes ; cette connaissance en facilite l'étude particulière, et réduit celle de leurs caractères spéciaux à l'examen approfondi de ceux d'entre eux qui servent le plus à faire distinguer les espèces les unes des autres.

La coordination des groupes en une seule série consiste à les disposer à la suite les uns des autres, de telle sorte que le premier renferme ceux dont les caractères sont les plus

généraux, les plus simples et les plus indépendants par rapport à tous ceux qui suivent, et de même pour le second, etc.; ou, réciproquement, si l'on procède en sens inverse, c'est-à-dire du subjectif à l'objectif, du composé au simple. Une fois connue cette coordination, la seule position dans tel ou tel groupe, assignée à chaque principe par la classification totale, tend spontanément à faire aussitôt ressortir l'ensemble de sa vraie nature simple ou composée; elle fait aussi ressortir la nature du rôle qu'il remplit, soit comme constituant essentiellement la substance du corps, soit seulement comme condition d'existence des principes qui la constituent principalement. C'est ainsi que se manifeste l'importance des classifications, c'est-à-dire leur aptitude fondamentale à une comparaison anatomique et physiologique, rapide et concise, des corps classés, quoique pourtant nullement superficielle.

A. — *Formation des groupes.*

a. Division des principes immédiats en deux groupes.

275. — Les principes immédiats se séparent naturellement en deux groupes, par un ensemble de caractères communs des plus tranchés.

276. — Les uns, et ce sont les plus nombreux, quoiqu'ils forment généralement la moindre portion de la masse du corps, si l'on fait abstraction de l'eau, sont des principes cristallisables ou volatils sans décomposition.

Ils sont dans l'organisme généralement à l'état liquide par dissolution dans l'eau, ou tout à fait solide, unis à d'autres principes, mais solubles dans les précédents.

Leur composition chimique est définie, déterminée, caractère qui, ainsi que l'expérience l'a montré, coïncide avec la propriété physique de cristalliser ou de se volatiliser sans décomposition, ou tout au moins, dans quelques cas exceptionnels, de former avec d'autres corps des composés cristallisables.

Tout aussi indispensables que les autres à la constitution

de la substance du corps, ils ne concourent à la former que comme condition d'existence de ceux du groupe suivant; c'est-à-dire que comme condition de formation et de terminaison, ou encore d'entrée et de sortie de ceux-ci. On peut donc dire, jusqu'à un certain point, qu'ils n'en forment pas la partie essentielle; mais de même que le milieu extérieur est indispensable à l'organisme total, ils sont indispensables de la même manière aux autres principes dont nous allons parler, ils sont le *milieu intérieur* qui permet à ces principes d'exister. Notons que ces faits sont en rapport avec leur état cristallin, leur volatilité, leur solubilité les uns dans les autres et leur composition définie; particularités qu'ils partagent avec les corps composant le milieu terrestre inorganique où nous vivons. Quelquefois leur origine, leur séjour dans l'organisme n'est qu'un passage, et ils retournent aux milieux ambiants.

Aussi, au point de vue dynamique, ne verrons-nous jamais ces principes participer *directement* à d'autres actes qu'aux actions physiques élémentaires des fonctions de nutrition et aux actes chimiques élémentaires dont l'ensemble et la simultanéité caractérise la nutrition; savoir : l'assimilation d'une part, la désassimilation de l'autre; nutrition qui est la propriété vitale la plus générale que présente la substance organisée toute formée, mais qui est aussi la plus simple, et se distingue des actes chimiques par la simultanéité et la *continuité* des deux actions, l'une de composition ou composante, l'autre de décomposition ou décomposante. Les autres, au contraire, participent directement aux propriétés d'élasticité, de retractilité, à celles de contractilité et de sensibilité dont jouit la substance organisée disposée sous forme d'éléments.

277. — Les autres, et ce sont les moins nombreux, quoiqu'ils forment généralement la majeure portion de la masse du corps, si l'on tient compte de l'eau qu'on en peut chasser, ne sont pas cristallisables ni volatils, à moins de décomposition. Ils sont généralement insolubles et à l'état demi-

solide dans l'organisme ou en dissolution à l'aide des précédents.

L'expérience montre qu'avec ces caractères comparatifs en coïncide un autre, qui est celui d'avoir une composition chimique indéfinie, non déterminée et, en même temps, très peu stable, très peu fixe.

Quoique n'étant pas plus indispensables que les autres à la constitution de la substance de l'organisme, ils y prennent la plus grande part; on peut donc dire, jusqu'à un certain point, qu'ils en forment la partie essentielle et fondamentale. Mais de même que l'organisme suppose le milieu extérieur, dans lequel il prend et rejette, ils ont pour condition indispensable d'existence les précédents, soit comme condition de formation et de terminaison ou fin, soit comme condition d'entrée et de sortie des matériaux; car c'est à eux qu'ils les empruntent et du milieu d'eux qu'ils rejettent ceux qui sont devenus impropres à en faire partie. Ils se forment dans l'organisme et y restent, leurs matériaux seuls se renouvellent. Notons que ces faits sont en rapport avec leur état non cristallin, non volatil, leur insolubilité, leur composition par des matériaux unis en un nombre illimité de proportions et leur peu de stabilité; ce qui les sépare radicalement des corps composant le milieu inorganique, mais les rapproche seulement des corps organisés, lesquels, par rapport à chaque être vivant pris à part, font partie du milieu où vit celui-ci.

Aussi, au point de vue dynamique, outre que ces principes non cristallisables participent par leurs matériaux à tous les actes élémentaires des fonctions de nutrition tant physiques que chimiques, mais surtout chimiques, ils participent directement aux propriétés d'élasticité, de rétractilité, à celles de contractilité et de sensibilité dont jouit la substance organisée, disposée sous forme d'éléments anatomiques.

278. — Dès l'étude de ce groupe de principes immédiats, nous trouvons une différence tranchée entre les corps du règne minéral et ceux du règne organique; c'est ici même que commence, par l'examen des principes des *consti-*

tuants (1), à se montrer la différence qui sépare les végétaux des animaux. Cette différence devient encore plus tranchée dès qu'on arrive aux éléments anatomiques, et là se trouve celle qui distingue radicalement les plantes des animaux (2), ce qui permet de distinguer les uns des autres les animaux et les végétaux même les plus simples; et ces différences vont en croissant, à mesure que l'on passe aux tissus et humeurs, systèmes, organes, appareils, etc.

b. Division des deux groupes de principes immédiats en trois classes.

279. — Parmi les principes immédiats du premier groupe, il s'en trouve un certain nombre qui sont entièrement semblables, par leurs propriétés et leur composition, aux composés qu'on extrait des couches solides, liquides et gazeuses du globe terrestre. Ils existent à la fois dans les corps bruts et dans les corps vivants; ils sont communs aux uns et aux autres. Seulement ils constituent entièrement les corps minéraux, et ne prennent qu'une part accessoire, quoique indispensable, à la constitution des êtres organisés. Ils y existent comme condition de formation des principes du deuxième groupe, soit en leur fournissant directement des matériaux (plantes), soit en fournissant à ceux-ci des moyens d'entrée par dissolution, quand ces matériaux n'ont plus à subir que des modifications isomériques pour être assimilés (animaux). Ils se trouvent encore dans les êtres organisés comme condition de séjour des autres principes, en les maintenant à l'état de dissolution ou demi-solide. Ils existent enfin comme condition d'issue ou de sortie de ceux-ci, en les dissolvant. Leur séjour dans l'économie n'est qu'un passage; car naturellement ils pénètrent tout formés dans l'organisme, et ils sortent tels qu'ils étaient entrés, après pourtant qu'une partie de la quantité de chaque espèce qui a pénétré une portion s'est décomposée pour fournir des matériaux à la formation des

(1) Voyez pour ce mot Ch. Robin, *Du microscope et des injections*; Paris, 1849, préface, p. xxv, et *Tableaux d'anatomie*; Paris, 1850, 7[e] tableau.

(2) Voyez Ch. Robin, *loc. cit.*, 1849, préface, p. lviii.

autres principes. D'où le nom de *principes d'origine minérale*, et de *principes minéraux* qui leur a été donné.

Voici donc une première classe de principes qui se sépare naturellement de ceux formant le premier groupe ou embranchement.

Les principes de la *première classe* sont :

1. Oxygène.
2. Hydrogène.
3. Azote.
4. Acide carbonique.
5. Hydrogène protocarboné.
6. Hydrogène sulfuré.
7. Eau.
8. Chlorure de sodium.
9. Chlorure de potassium.
10. Chlorhydrate d'ammoniaque.
11. Carbonate d'ammoniaque.
12. Bicarbonate d'ammoniaque.
13. Carbonate de magnésie.
14. Carbonate de potasse.
15. Bicarbonate de potasse.
16. Carbonate de soude.
17. Bicarbonate de soude.
18. Sulfate de potasse.
19. Sulfate de soude.
20. Sulfate de chaux.
21. Phosphate neutre de soude.
22. Phosphate acide de soude.
23. Phosphate de potasse.
24. Phosphate basique de chaux.
25. Phosphate acide de chaux.
26. Phosphate de magnésie.
27. Phosphate ammoniaco-magnésien.

280. — Les autres principes du premier groupe n'ont de commun avec les précédents que leur propriété de cristalliser et la composition définie qui lui correspond. Mais leur constitution élémentaire en est différente, tant par la nature des éléments chimiques, au nombre de quatre seulement, qui rentrent généralement dans leur composition (oxygène, hydrogène, carbone et azote), que par le nombre des équivalents de chacun de ceux-ci. C'est d'après ce fait qu'on dit que leur composition est très complexe ; elle présente en même temps une stabilité moindre que celle des principes précédents. On ne les rencontre que dans les corps organisés ; ils leur sont exclusivement propres. C'est dans l'organisme vivant qu'ils se forment par catalyse dédoublante généralement. Ils ont reçu, d'après ces derniers faits, le nom de *principes d'origine organique*.

C'est leur étude, ainsi que celle des composés qu'on peut en obtenir en les combinant ensemble et avec d'autres composés, ou en les décomposant, qui, devenue par vice de méthode l'objet d'une spécialité, est devenue ensuite la source de cette subdivision arbitraire de la chimie en minérale et en organique,

soit animale, soit végétale. Leur séjour dans l'organisme n'est aussi, comme pour ceux de la première classe, qu'un passage; car, une fois formés, ils ne peuvent séjourner en trop grande quantité sans danger pour l'économie, et ils sortent généralement tels qu'ils sont après leur formation, sans donner naissance à de nouvelles espèces, sans se décomposer ou se dédoubler avant de sortir de l'organisme. De même que les principes de la première classe sont par leur entrée dans l'économie une des conditions d'existence des substances organiques, de même ceux dont nous traitons sont également une de leurs conditions d'existence par leur formation, qui n'est que la réunion en principes cristallisables des matériaux de celles-là; d'où leur rénovation continue.

Les principes restants du premier groupe, après qu'on a retiré ceux qui constituent la première classe, forment donc aussi une classe de principes très naturelle, tant par les propriétés et la composition des composés qu'elle renferme, que par leur origine *purement organique*.

Les principes de la *deuxième classe* sont :

1. Acide lactique.
2. Lactate de potasse.
3. Lactate de soude.
4. Lactate de chaux.
5. Acétate de soude.
6. Acide urique.
7. Oxalate de chaux.
8. Urate de potasse.
9. Urate de soude.
10. Urate de chaux.
11. Urate d'ammoniaque.
12. Urate de magnésie.
13. Acide hippurique.
14. Hippurate de chaux.
15. Hippurate de soude.
16. Hippurate de potasse.
17. Inosate de potasse.
18. Choléate de soude.
19. Hyocholinate de soude.
20. Glycocholate de soude.
21. Urée.
22. Allantoïdine.
23. Cystine.
24. Leucine.
25. Créatine.
26. Créatinine.
27. Acide pneumique.
28. Pneumate de soude (1).
29. Acide stéarique.
30. Acide margarique.
31. Acide oléique.
32. Sels de soude ou de potasse des acides gras.
33. Cholestérine.
33. Séroline (2).
34. Oléine. } formant le suif et les huiles par mélange.
35. Margarine. }
36. Stéarine. }
37. Stéarérine (suint de Mouton).
38. Elaiérine (*id.*). CHEVREUL.

(1) Ce principe a été omis dans les tableaux des paragraphes suivants : 108, page 130; 114, p. 135; 159, p. 177; 191, p. 207; 209, p. 224; et § 235, p. 252, sa place est à côté de l'acide pneumique.

(2) Voyez remarque (1); sa place est à côté de la cholestérine.

39. Phocénine.
40. Cétine.
41. Butyrine.
42. Hircine.
43. Sucre du foie.
44. Sucre de lait.

281. — Quant aux principes du deuxième groupe, ils ne se subdivisent pas ; ils forment une seule et même classe, qui est la troisième et dernière de celles en lesquelles se réunissent les principes immédiats. Elle est très nettement caractérisée par la propriété de ces principes de rester toujours amorphes dans toutes les conditions, par leur composition chimique indéfinie, très peu stable; par leur formation dans l'organisme, par catalyse combinante ou simplement isomérique chez les animaux ; par leur séjour permanent dans l'organisme, une fois qu'ils sont assimilés, et enfin par la rénovation, molécule à molécule, de leurs matériaux, au lieu de sortir tout formés.

C'est surtout leur propriété de rester amorphes dans toutes les conditions, de se former dans l'organisme dont ils constituent la plus grande masse, et de n'en jamais sortir tout formés, qui a fait donner le nom de *substances organiques* aux principes de cette classe.

Les principes de la *troisième classe* sont :

1. Fibrine.
2. Albumine.
3. Globuline.
4. Albuminose.
5. Caséine.
6. Musculine.
7. Élasticine.
8. Ostéine ou osséine.
9. Cartilagéine.
10. Kératine.
11. Pancréatine.
12. Mucosines (nombreuses variétés).
13. Hématine.

B. — *Coordination des trois classes de principes immédiats.*

282. — Si maintenant nous cherchons à coordonner ces trois classes de principes immédiats, nous verrons qu'elles s'enchaînent les unes aux autres de la manière la plus naturelle, sans jamais se confondre, lorsqu'on les dispose dans l'ordre où nous venons de les énumérer.

La première classe renferme évidemment les principes les plus généraux, les plus simples et les plus indépendants. Ce sont les plus généraux de tous au point de vue de leur

distribution dans l'économie ; car, à peu d'exceptions près, on trouve toutes ces espèces dans quelque humeur ou tissu que ce soit ; ils le sont aussi au point de vue de la fixité de leur composition et de leur origine, puisqu'ils arrivent tout formés dans l'économie.

Ce sont les plus simples sous le rapport de leur distribution dans l'organisme, sous celui des formes cristallines qu'ils prennent ; quand on les ramène à l'état solide, leurs variations de forme sont en effet généralement moindres que celles des autres principes. Leur composition chimique élémentaire est trop évidemment plus simple que celle des composés de la deuxième et de la troisième classe pour qu'il soit nécessaire de montrer que sous ce rapport ils doivent être placés les premiers. Leur origine est également on ne peut plus simple, puisqu'ils arrivent tout formés des milieux extérieurs, et leur fin ou terminaison dans l'organisme est également dans le même cas, puisqu'ils sortent tels qu'ils étaient entrés.

Quant à leur indépendance, elle est des plus manifestes. On peut les ramener à la forme cristalline bien plus facilement que tous les autres principes ; les conditions nécessaires pour cela sont infiniment moins complexes que celles à employer pour faire cristalliser ceux de la classe suivante. Les principes des autres catégories n'ont presque pas d'influence sur ce phénomène, qui, pour avoir lieu, n'exige généralement que les conditions de température, de concentration des liquides, exigées par les composés retirés naturellement ou artificiellement du règne minéral.

La présence des principes de la première classe influe généralement beaucoup sur la cristallisation de ceux de la seconde, lesquels ne passent ordinairement à cet état qu'après avoir été séparés des autres, qu'après avoir été placés dans des liquides autres que l'eau ou dans l'eau pure. Comme l'état amorphe des principes immédiats est une des conditions d'existence de la substance organisée, cette influence des prineipes d'origine minérale sur les autres principes cris-

tallisables devient importante à prendre en considération. Les principes de cette catégorie sont aussi les plus indépendants au point de vue de leur état de dissolution ; presque tous sont directement solubles dans l'eau, qui appartient à cette classe, ou tout au plus quelques uns, comme les sels de chaux ont-ils besoin pour être dissous que déjà l'eau tienne en dissolution quelque sel à base alcaline. Les suivants, au contraire, ne sont solubles que dans les dissolutions complexes de ceux-ci.

Leur composition est plus fixe, plus stable que celle des autres; elle ne dépend pas comme pour eux du maintien dans des limites restreintes d'un certain nombre de circonstances extérieures; elle ne varie pas aussi facilement sous les moindres influences. Se formant hors de l'organisme, arrivant tout formés dans l'économie, ils sont naturellement plus indépendants sous ce point de vue que tous les autres ; ceux-ci, en effet, exigent pour leur formation un ensemble de conditions complexes qui ne se rencontrent que dans l'économie. Si quelques uns, comme l'urée, l'allantoïdine, peuvent être formés artificiellement, la plupart ne sont point dans ce cas.

283. — Les principes que nous avons rangés à la suite de ceux d'origine minérale sont évidemment moins généraux, moins simples et moins indépendants de toute circonstance extérieure que les précédents, et ils le sont davantage que ceux qui suivent.

Déjà, au point de vue de la distribution dans l'économie, nous trouvons qu'il n'en est pas un qui existe dans toutes les parties du corps sans exception, comme le sel marin, par exemple. Pourtant les principes de cette deuxième catégorie ne sont pas aussi spécialement limités à telle ou telle région du corps que ceux de la dernière : ainsi la créatine, l'urée, etc, se rencontrent dans un nombre limité de parties du corps, mais elles ne sont jamais restreintes à une seule partie, comme la fibrine au sang, la musculine aux muscles, la caséine au lait, la pancréatine au suc du pancréas, etc. Les faits relatifs à leur composition sont bien moins généraux

que ceux qui se rapportent aux principes de la première classe. Ne se formant que dans les corps organisés, les conditions de leur formation ne sont par conséquent pas aussi générales que celles des principes d'origine organique.

Moins généralement répandus dans l'organisme que les précédents, l'étude de leur distribution est naturellement moins simple, car elle ne présente presque aucun fait qui soit commun à tous les principes. Les formes qu'ils prennent quand ils sont ramenés à l'état solide, quoique présentant des variations plus nombreuses pour chaque espèce que celles des principes précédents, peuvent néanmoins être ramenées aux mêmes lois, et ces variations aux mêmes types. Elles sont plus simples, par conséquent, que les formes des différentes espèces de substances de la dernière classe, qui, ne cristallisant pas, peuvent prendre toutes sortes de conformations diverses.

Leur composition chimique, plus complexe, ainsi qu'on le sait, que la composition des composés d'origine minérale, l'est pourtant moins que celle des substances organiques; elle est moins fixe, moins stable. C'est cette différence dans le nombre des équivalents de chaque élément et cette différence de stabilité qui, étant plus communes dans les principes d'origine organique que dans les composés artificiels, ont servi longtemps de base à la séparation de la chimie en deux ou trois branches. Leur origine et leur issue hors de l'économie sont soumises à des conditions également bien plus simples que les mêmes faits considérés dans la classe suivante et partant plus complexes que l'origine et l'issue des principes de la première catégorie. Les conditions de leur formation sont trop évidemment plus complexes que celles qu'exige la formation des corps minéraux, pour qu'il soit nécessaire de développer ce point. Ils se forment, en effet, par catalyses avec dédoublement, c'est-à-dire par suite d'actes chimiques indirects, et encore ils exigent des circonstances si complexes, que les corps vivants les offrent seuls.

Ces principes sont manifestement plus sous la dépen-

dance des précédents que ceux-ci ne sont influencés par eux, dans la manifestation de quelle propriété que ce soit. Nous avons déjà fait remarquer que, relativement à leur distribution dans l'économie, ils sont entièrement soumis à celle des principes de la première catégorie, puisque c'est parmi ceux-ci que se trouvent les dissolvants généraux des espèces de la seconde. Nous avons fait voir aussi que leur passage à l'état cristallin est naturellement influencé par eux, tandis que la réciproque est peu prononcée. Leur composition, en même temps qu'elle est très complexe, est peu stable, et se trouve sous la dépendance d'un grand nombre de circonstances extérieures.

Leur formation, comme leur issue au dehors, se trouve être sous la dépendance d'un très grand nombre de circonstances qui n'interviennent nullement dans la formation des principes d'origine minérale; et ce fait n'exige aucune explication, puisque nous savons que ces principes ne se forment que dans l'économie vivante.

284. — De tous les principes immédiats, ceux que nous rangeons dans la troisième et dernière classe sont évidemment les moins généraux, les moins simples et les moins indépendants.

A l'exception de l'albumine et de la fibrine, nul d'entre eux ne se trouve dans plus d'un tissu ou d'une humeur; chacune de ces parties a une espèce de ces principes qui lui est propre. Ce sont aussi les seuls corps connus constituant autant d'espèces distinctes, irréductibles sans décomposition chimique, qui aient une composition chimique non définie et ne soient pas cristallisables. Aussi ce ne sont pas des composés chimiques, c'est-à-dire inorganiques et fixes, ce sont des *corps anatômiques*, dont l'étude revient au biologiste; et dès cette première subdivision de l'anatomie, nous trouvons des corps dont l'étude n'appartient sous aucun point de vue au chimiste, mais à l'anatomiste seulement.

Ces remarques montrent suffisamment que leur formation

est un fait beaucoup plus spécial, beaucoup moins universel que la formation des principes des autres classes.

De toutes les parties constituant immédiatement l'organisme, ce sont certainement celles dont la composition est la plus complexe et la moins stable. Leur formation exige des conditions bien plus complexes que celles nécessaires à la formation de tous les autres principes, même de la deuxième classe. Quelques uns de ceux-ci peuvent, en effet, être fabriqués artificiellement, comme l'urée, l'acide lactique, etc.; mais nul principe immédiat de la troisième classe, nul de ces corps anatomiques n'a pu être encore formé de toutes pièces. Rien, par conséquent, de plus complexe que les conditions nécessaires pour qu'ils se forment. Leur fin ou terminaison n'est pas un simple fait physique d'exosmose, comme c'est le cas pour les autres principes, car ils ne sortent pas tout formés ; c'est un fait chimique de catalyse avec dédoublement, et, ainsi que nous l'avons vu, ceux de leurs matériaux qui se séparent d'eux ainsi forment les principes de la deuxième classe.

Toutes les espèces que renferme cette catégorie sont sous la dépendance des autres principes, qui sont leurs conditions d'existence, comme parties demi-solides dans les muscles, les nerfs, etc., aussi bien que de l'état liquide de l'albumine et de la fibrine dans le sang. Relativement à leur formation, ils sont entièrement sous la dépendance des principes de la première classe, qui leur apportent des matériaux, soit d'une manière directe, comme cela est constant chez les végétaux, soit simplement en servant de véhicule, chez les animaux, à toutes les substances azotées introduites comme aliments et destinées à être assimilées. Sous ce rapport donc, ils ne sauraient être encore placés qu'après les principes de la première classe.

Quoique les espèces de la catégorie dont nous parlons fournissent, à leur tour, les matériaux qui servent à former les principes de la deuxième classe, ils ne doivent pas moins être rangés après eux, parce que, pour pouvoir apprécier les

états intermédiaires, il faut d'abord connaître les extrêmes.

Ainsi donc, les trois classes de principes se coordonnent de telle sorte que la première renferme généralement les principes qui doivent faire partie de la substance organisée, la seconde les principes qui ont fait partie de cette substance, et la troisième ceux qui la constituent essentiellement. Et cet ordre est aussi celui de la complication croissante de ces espèces de corps, pris sous le point de vue de leur composition chimique.

RÉSUMÉ DE LA CLASSIFICATION DES PRINCIPES IMMÉDIATS.

285. — Ainsi, en *résumé*, toute classification repose, comme on sait, sur la *comparaison* de l'ensemble des caractères qu'on a étudiés dans les corps qu'il s'agit de classer pour arriver à *coordonner* ceux-ci.

Parmi les principes immédiats, nous avons vu les uns cristallisables ou volatils sans décomposition, caractère qui coïncide avec une composition chimique définie ou en rapports déterminés ; les autres ne sont pas cristallisables ni volatils sans destruction ; ils sont de nature chimique indéfinie dans les corps vivants, et ne tirent pas leur origine du dehors ; ils ne sont pas introduits dans l'économie et tendent, au contraire, incessamment à être rejetés. De là une seconde classe très naturelle, qu'il faut former aux dépens du premier groupe, et qui embrasse le reste des principes qu'il renferme.

Quant à ceux du deuxième groupe, ils ne forment à eux tous qu'une seule et dernière classe. Outre les caractères tirés de l'impossibilité où ils sont de cristalliser ou de se volatiliser sans décomposition, outre leur composition indéfinie, qui leur a mérité spécialement le nom de SUBSTANCES ORGANIQUES, pour les distinguer des composés cristallisables d'origine organique, ils ont aussi pour caractères d'être sans analogues avec ceux du règne minéral et de ne pouvoir se former que dans les corps vivants. Mais, au lieu de tendre en général à être

expulsés, ils forment essentiellement la substance des tissus et des humeurs constituantes, comme le sang, la lymphe, etc., ou de quelques liquides récrémentitiels, comme le lait, la salive, etc. De là une troisième et dernière classe aussi naturelle que les autres, qui achève de comprendre et de réunir de la manière la plus rationnelle, d'après l'ensemble de leurs caractères communs, tous les principes que nous avons déjà énumérés, mais çà et là, en traitant des caractères propres à chacun de ces groupes.

286. — Si maintenant nous les envisageons au point de vue de la part qu'ils prennent à la constitution de l'organisme et sous celui de leur origine ou formation, nous voyons que la même classification se trouve conservée d'une manière aussi nette et aussi utile, autant comme facilitant les souvenirs que sous le point de vue du perfectionnement des considérations scientifiques et pratiques auxquelles donne lieu l'étude des principes immédiats.

D'une part, nous voyons les principes immédiats de la première classe être une condition d'existence et d'activité moléculaire dans l'économie des principes des deux autres classes. Ils jouent par rapport à ceux-ci le rôle rempli par le milieu à l'égard du corps entier ; ils sont tout à la fois, et *également* empruntés, et rejetés dans les milieux ambiants.

L'étude des principes de cette classe conduit à établir une comparaison exacte et rationnelle entre la composition de l'être vivant et celle du milieu auquel il emprunte et dans lequel il rejette les matériaux qui le composent. Il est en effet évident en principe que tout corps vivant, quelle qu'ait pu être son origine, doit se trouver à la longue nécessairement formé des mêmes éléments chimiques propres aux différentes substances solides, liquides et gazeuses, dont il se nourrit habituellement, puisque, d'une part, le mouvement vital assujettit ses parties à une rénovation continue, et que, d'une autre part, on ne pourrait, sans absurdité, le supposer, comme l'ont pensé certains physiologistes métaphysiciens,

capable de produire spontanément aucun véritable élément chimique (1).

D'autre part, les principes de la seconde classe semblent, pour la plupart, être des résultats, des produits du double mouvement de composition et de décomposition qui se passe dans la substance organisée qui forme les éléments anatomiques. Aussi, on reconnaît qu'ils sont généralement destinés à être rejetés au dehors ; c'est principalement dans les liquides sécrétés, dans les produits liquides qu'on les rencontre, et leur séjour permanent dans l'économie en quantité trop grande devient nuisible très rapidement à la plupart des actes organiques ou vitaux. Par leur comparaison aux principes immédiats de la première classe s'achève le parallèleentre la composition de l'être vivant et celle du milieu où il rejette les matériaux qui ont déjà servi, et qui sont destinés à l'expulsion.

D'après la règle qui doit guider en toute classification, nous avons envisagé d'abord les deux termes extrêmes avant les termes intermédiaires, savoir : les principes qui entrent, qui sont puisés au dehors ; puis ceux qui sont formés au dedans de l'organisme, qui y prennent naissance et sont expulsés. Nous avons été de la sorte conduits à rapprocher les uns des autres les principes qui sont analogues entre eux, ceux qui se ressemblent le plus et qui ressemblent le plus soit à ceux du règne minéral, soit à ceux que nous pouvons fabriquer artificiellement. De plus, les termes extrêmes étant connus, nous pouvons apprécier les intermédiaires sous le rapport de leur mode de formation et sous celui de leur terminaison ou décomposition. Par une réciprocité inévitable, l'étude des termes intermédiaires conduit à vérifier l'exactitude des termes extrêmes, en même temps que, dans le cas dont il s'agit, elle les fait mieux connaître : d'abord sous le point de vue de leur mode d'issue ou de décombinaison pour les premiers ; puis, sous celui de leur formation, pour ceux de la deuxième classe.

(1) Aug. Comte, *Système de philosophie positive*, vol. III, in-8, Paris, 1838 : *Biologie*, p. 217.

Les principes de la troisième classe, intermédiaires entre ceux qui entrent et ceux qui sortent, sous le point de vue du rôle qu'ils remplissent dans l'économie, naissent dans l'économie et n'en sortent pas en nature, c'est-à-dire avec les caractères qu'ils possèdent dans l'organisme; ce sont leurs éléments qui sortent à l'état de principes cristallisables. Ce sont eux qui constituent essentiellement l'organisme ; qui forment la plus grande partie et la partie fondamentale de la matière organisée dont sont formés les éléments et les humeurs. C'est par leur comparaison avec la composition des principes précédents, d'une part, et surtout avec la composition immédiate des végétaux et animaux faisant partie des milieux où nous vivons ; c'est, par suite, par leur comparaison avec les aliments, que se complète et s'achève la comparaison entre la composition de l'être étudié et celle du milieu où il vit.

Telles sont les données générales qui rendent l'étude des principes immédiats une partie essentielle de l'histoire anatomique, et, par suite, de la physiologie des corps organisés ; partie accessoire, si l'on veut, mais qui pour cela n'est pas moins indispensable, car sur elle repose toute l'étude des éléments anatomiques, et encore plus celle des humeurs. Sur elle encore repose la solution d'un nombre considérable de problèmes physiologiques qui n'ont jamais pu être nettement posés, et par suite résolus, parce que l'on a confondu les questions statiques ou anatomiques ave les faits dynamiques ou physiologiques qui en dérivent.

Telles sont les données qui ont pour résultat de simplifier considérablement l'étude des principes immédiats en les rangeant dans trois classes, qu'on peut reconnaître comme étant des plus naturelles : elles nous permettent en effet de suivre les principes immédiats, depuis les plus simples, identiques avec ceux du règne minéral, jusqu'aux plus complexes, instables, tout à fait propres aux corps organisés et faisant directement partie de leur substance ; et cela en passant graduellement de l'un à l'autre sans transition brusque. Ainsi ce groupement des

principes qui s'opère en quelque sorte de lui-même sera reconnu comme très naturel, en ce qu'il répond à la fois à la nécessité d'envisager d'abord les termes extrêmes, afin de mieux apprécier les intermédiaires; en ce qu'il fait connaître d'abord les principes qui entrent et ceux qui sortent avant ceux qui restent essentiellement; puis en ce qu'il conduit à disposer les groupes en une série dont les espèces, prises dans leur ensemble, offrent une complication croissante au fur et à mesure que l'on passe de la première à la deuxième classe, et de celle-ci à la troisième.

287. — La classification des principes immédiats en trois groupes s'applique à ceux du règne végétal comme à ceux des animaux. Ainsi aux principes du premier groupe il y aurait à joindre quelques sels qui se rencontrent dans le règne minéral et dans les plantes, et non dans les animaux. Mais ces corps sont en très petit nombre, car presque tous les sels minéraux qu'on trouve dans les plantes se trouvent également dans les tissus animaux, à l'exception de quelques silicates.

Au deuxième groupe, celui des principes d'origine purement organique, et cependant formés en proportions définies ou bien déterminées, il y aurait à joindre un très grand nombre de corps exclusivement propres aux plantes. Ce sont tous les tartrates, citrates, benzoates, acide benzoïque, etc., des principes gras, et beaucoup d'autres composés qu'il est inutile de citer; plus, les alcalis organiques, ou plutôt les sels qu'ils forment dans le suc des plantes, et dont on les retire par divers procédés chimiques.

Enfin, dans le troisième groupe, celui des *substances organiques*, les corps azotés s'augmenteraient d'abord naturellement d'une immense quantité de substances analogues. Il faudrait y ajouter en outre la cellulose, les caoutchoucs, les résines, et quelques substances qui leur ressemblent, qui ne sont pas des principes ayant la constitution des principes définis, cristallisables, etc. De ces corps, il en est quelques uns qui se rapprochent du reste des substances grasses; mais cependant ils doivent en être séparés.

CHAPITRE III.

NOMENCLATURE DES PRINCIPES IMMÉDIATS.

288.—Les principes immédiats qui sont des corps simples ont les mêmes noms que ceux employés en chimie, et ces noms n'indiquent autre chose qu'une des propriétés chimiques principales du corps en question (oxygène, azote). Comme nous ne connaissons la nature intime de quoi que ce soit, et qu'on détermine la nature d'un corps par la détermination de ses éléments, on ne peut, pour les corps simples, faire autre chose qu'en étudier les propriétés, et leur nom ne peut qu'être arbitraire ou indiquer l'une de ces propriétés.

289. — Ceux des principes qui sont des corps composés, définis cristallisables, étant déjà étudiés en chimie au point de vue de leurs propriétés inorganiques, conservent en anatomie leurs noms chimiques (acide carbonique, sulfate de soude, chlorure de sodium, lactate de soude, oxalate de chaux, etc.). Ces noms se trouvent être une *définition* du corps, en même temps qu'une *dénomination*, c'est-à-dire une indication de sa *nature*, par ce fait même qu'ils indiquent la *composition élémentaire* du composé, soit immédiatement, soit médiatement. C'est là, en effet, le but principal que doit remplir toute nomenclature, ou du moins qu'on doit se proposer autant que possible, dans la création des noms scientifiques.

290. — La complexité de composition de beaucoup de corps d'origine organique a empêché de leur appliquer les principes de la nomenclature chimique. De là vient que beaucoup de principes ont reçu des chimistes des noms spéciaux, sans signification par rapport à la composition élémentaire du composé, et qui exigent une définition de ce corps, parce qu'ils ne la portent pas avec eux, comme le nom des composés d'origine minérale (acides

oxalique, urique; urée, créatine; acides lactique, acétique, formique; quinine, morphine, etc.), Cependant cette définition manque habituellement dans les traités de chimie et d'anatomie. Comme il fallait pourtant, ou bien donner un nom significatif, ou bien faire suivre un nom insignifiant d'une définition, et que le manque de méthode a conduit à omettre l'un et l'autre, la nécessité de faire précéder la description du corps par une idée générale de celui-ci a souvent conduit à la commencer par l'énoncé de sa *composition chimique*, représentée par une formule. Pourtant celle-ci doit se trouver exposée de nouveau, à propos des caractères chimiques de ce principe, ce qui est cause de répétition inutile. Il faut reconnaître que ce fut là certainement une des causes qui ont conduit à partager la chimie en deux, l'une organique, l'autre inorganique; division contre laquelle on ne saurait trop s'élever. Elle est, en effet, devenue maintenant le principal obstacle aux progrès de la chimie, et surtout de la physiologie. Lorsqu'on eut étudié tous les principaux composés naturels et artificiels inorganiques, il était nécessaire de pousser au même degré nos connaissances sur les composés naturels et artificiels d'origine organique. Sous ce rapport, le partage de la chimie en deux branches a certainement été utile, par les recherches spéciales minutieuses qu'il a fait faire. Par suite, on s'est cru, d'autre part, obligé d'en séparer aussi les composés naturels d'origine minérale, pour en faire la minéralogie, division au moins aussi artificielle. Mais actuellement qu'il est reconnu que les uns et les autres de ces corps présentent les mêmes caractères généraux, et ne diffèrent que par leur composition chimique même, le maintien de ces divisions ne fait que compliquer l'étude, en faisant croire à deux ordres de caractères.

Il en résulte ainsi une complication nuisible, devenue sans utilité. Tant que l'on a pu croire que ces corps offriraient un ensemble de caractères chimiques, ou au moins un caractère qui les ferait distinguer à première vue de tous les corps d'origine minérale, on conçoit qu'on ait eu l'idée d'en faire

l'étude à part sous le nom de *chimie organique* et même de *chimie animale* et *végétale*. Mais une fois reconnu qu'il n'y a pas pour eux de caractère distinctif, tranché, autre que celui de leur origine, que ce ne sont que des *minerais* organiques, une pareille division ne saurait être maintenue. Pris chacun isolément, ces corps n'ont pas un ordre de caractères qui leur soit exclusivement propre ; ils n'ont pas autre chose que des caractères d'ordre mathématique, de forme, volume, etc., physique et chimique. Ce n'est que lorsqu'on les considère dans l'économie, réunis les uns aux autres par dissolution réciproque, et par union moléculaire complexe, qu'ils présentent un nouvel ordre de caractères, qui est de constituer ainsi la matière organisée. Mais cet état n'est pas spécial aux composés d'origine organique : le sel marin, les phosphates de soude, de chaux et une foule d'autres sels minéraux sont dans le même cas ; ils participent à la constitution de cette matière. C'est ainsi que ces corps, déjà composés eux-mêmes, forment la *substance organisée*, la *materia corporis*. Puis cette matière prend diverses formes, constitue différentes parties qui se réunissent successivement les unes aux autres pour former l'organisme.

291.— De la comparaison résulte la *coordination*, ou *classement ;* de celui-ci découle la *nomenclature* destinée à l'exprimer.

Si, pour la plupart des principes immédiats, l'art des nomenclatures n'était pas le même qu'en chimie ; si les modifications qu'il doit subir pour être approprié au genre de notions qu'on acquiert par l'étude des corps organisés étaient plus considérables, ce serait ici le lieu de traiter de cette partie de leur étude. Mais nous avons vu que ce n'est qu'en abordant l'examen des *substances organiques*, c'est-à-dire des principes non cristallisables, constituant essentiellement l'économie, que nous trouvons des dénominations nouvelles, différentes de celles qu'on emploie dans la science chimique. Encore est-il qu'on peut voir qu'elles se rapprochent de celles employées pour désigner beaucoup

de principes cristallisables d'origine organique. Mais pour les unes comme pour les autres, on est encore trop peu fixé sur la nature de plusieurs d'entre elles et même sur leur nombre et le rôle qu'elles jouent dans l'économie, pour qu'on puisse indiquer quelque chose de rationnel sur leur nomenclature.

Il n'y a pas eu de nomenclature faite pour les substances organiques. Du reste, ces corps ne pourront être dénommés de telle sorte que leur étude en soit simplifiée, qu'à l'époque où l'on aura précisé d'abord le nombre des principes cristallisables d'origine organique, et ensuite rattaché autant que possible leur nomenclature à celle adoptée pour la chimie en général. Ce n'est qu'alors aussi qu'on pourra fixer à peu près le nombre des *substances organiques*, et les soumettre à un système de dénominations rationnelles. La complication de leur composition, il faut le reconnaître, empêchera toujours de leur appliquer directement les principes de la nomenclature chimique.

La terminaison en *ine* donnée à la plupart des corps azotés se trouve appliquée à beaucoup de ceux qui sont cristallisables, comme à ceux qui ne le sont pas ; il en est de même de la terminaison en *ose* (glucose, cellulose) donnée à beaucoup de corps ternaires d'origine végétale : elles ne peuvent pas être encore d'une grande utilité.

« Quelques savants pensent que l'expression de principes immédiats est vicieuse, en ce qu'il répugne à la raison d'appliquer le mot de *principes* à des corps composés. Je ne partage pas cette opinion, et voici pourquoi. Quand on considère en général la composition d'un sel tel que Lavoisier l'a établie, il est visible que ce qui la constitue c'est l'union d'un acide et d'un alcali, plutôt que les éléments de l'acide et ceux de l'alcali; car concevez ces éléments mis dans d'autres proportions que celles qui constituent un corps acide, un corps alcalin, et ces éléments ne vous donneront plus l'idée d'un sel. D'après cela, il semble conséquent de dire que l'acide et l'alcali sont les *deux principes immédiats des sels*. Il en est de même du sucre, de la gomme, de l'amidon, du ligneux, etc.,

relativement à une plante ; de la fibrine, de l'albumine, du tissu cellulaire, etc., relativement à un animal. On doit considérer ces substances comme les principes immédiats et caractéristiques de la plante, de l'animal auquel elles appartiennent ; tandis que l'oxygène, l'azote, le carbone et l'hydrogène en sont les principes éloignés ou élémentaires (1). »

292. — « On avait proposé de substituer à l'expression *principes immédiats* celle de *matériaux* immédiats ; mais cette substitution est-elle heureuse ? Outre l'inconvénient que présente le mot de *matériaux*, qui n'a point de singulier, si l'on adopte l'expression de *matériaux immédiats*, n'est-on pas conduit à appeler les éléments chimiques des composés organiques des *matériaux médiats*, et cette dernière expression ne donne-t-elle pas lieu à des critiques tout aussi bien que l'expression de *principes immédiats* (2) ? »

CHAPITRE IV.

DES PROCÉDÉS QU'ON EMPLOIE DANS L'ÉTUDE DES PRINCIPES IMMÉDIATS.

293. — Nous avons passé en revue tous les caractères des principes immédiats, c'est-à-dire les caractères de différents ordres qu'ils présentent dans l'organisme. Les uns sont d'ordre mathématique, d'autres d'ordre physique, chimique, organoleptique, et enfin d'ordre organique, c'est-à-dire que ce sont des caractères que nulle part on ne retrouve ailleurs que dans les corps organisés, qui ne peuvent être confondus avec les précédents, ni être considérés comme une de leurs conséquences ; qui, par suite, doivent être étudiés à part au même titre qu'eux, et qui les caractérisent au point de vue statique. Il s'agit maintenant de voir comment, partant de la connaissance précise des tissus et des humeurs, on arrive

(1) CHEVREUL, *Recherches sur les corps gras d'origine animale*. Paris, 1823, in-8, p. 4-5.

(2) CHEVREUL, *Considérat. sur l'anal. organique*. Paris, 1824, in-8, p. 23.

à connaître tous les caractères des principes qui se rattachent à chacun de ces ordres.

294. — L'étude des principes immédiats, comme celle de toute autre partie d'un organisme quelconque, comprend deux ordres généraux d'opérations : 1° l'isolement du corps à étudier de tous ceux qui l'environnent ou auxquels il est uni ; 2° l'examen des caractères d'ordres divers qu'il présente.

L'isolement, l'extraction de l'espèce de principe qu'on veut étudier se fait à l'aide de moyens variés, à l'aide de procédés divers institués : 1° d'après ce qu'on sait de la constitution de l'humeur ou du tissu dont on le retire, et 2° de ce qu'on sait ou soupçonne des caractères et de la nature chimique élémentaire du principe. Lorsque déjà cette nature et les propriétés de celui-ci sont connues, l'opération devient plus facile ; mais comme on ne les connaît pas toujours, on est obligé de procéder par tâtonnements ; de là plus de difficulté. Nous aurons à tenir compte des deux cas, savoir : celui où cette nature est connue, et celui où elle ne l'est pas.

L'extraction du principe opérée, on étudie les caractères de l'espèce, et ceux d'entre eux qui lui sont exclusivement propres servent à la distinguer des autres espèces. L'examen des caractères se fait aussi à l'aide de procédés divers, en rapport chacun avec la nature des caractères à étudier. Aussi pour chaque ordre de caractères, il existe une modification des procédés destinés à faire connaître ceux-là. Il est aussi indispensable, soit au point de vue pratique, soit au point de vue théorique, de savoir distinguer intellectuellement du procédé, tous les caractères qu'il nous apprend à connaître ; il importe en effet, de séparer toute l'histoire réelle d'un principe, ou autre partie du corps, de ce qui a été dit sur cet objet : car il a pu se faire, et il se fait en réalité souvent que ce qu'on a écrit l'a été à une époque où les procédés employés n'étaient pas encore suffisamment précis ; en sorte que, même les choses exactes demandent à être reprises à des intervalles de temps plus ou moins rapprochés, suivant les besoins de la pratique.

Il est donc indispensable, dans l'histoire totale des principes en général ou en particulier, d'exposer séparément : 1° les faits certains ou crus certains présentement ; 2° les procédés à l'aide desquels on parvient à les connaître. Il faut en séparer aussi les faits que l'on a cru exister et qui n'existent pas, c'est-à-dire, l'étude historique des phases par lesquelles a passé dans le temps notre savoir sur chaque principe immédiat ou autre partie du corps. C'est ce que nous faisons dans ce livre et ce que nous ferons pour tous les principes.

295. — On voit, d'après ce qui précède, que ce chapitre comprend deux articles :

Dans le *premier* seront décrits les moyens à l'aide desquels on sépare les principes les uns des autres : il correspond à la *dissection*, moyen général employé pour anatomiser, c'est-à-dire, isoler les uns des autres les divers ordres de parties de l'organisme.

Dans le *deuxième article* seront décrits les moyens employés pour constater les différents caractères qui servent à faire distinguer l'espèce de principe immédiat dont on a les individus sous les yeux, des autres espèces de principes.

Il ne faut pas oublier que c'est l'emploi simultané de ces deux ordres de moyens qui constitue l'analyse anatomique. C'est pour la disposition typographique, et plus de clarté, qu'on est obligé de les décrire séparément, à la suite l'un de l'autre.

ARTICLE PREMIER.

DES PROCÉDÉS A L'AIDE DESQUELS ON SÉPARE LES UNS DES AUTRES LES PRINCIPES IMMÉDIATS.

296. — Nous ne devrions ici nous occuper seulement que des moyens d'analyse anatomique employés pour isoler chaque principe, puis en étudier la forme, les caractères physico-chimiques et organoleptiques, c'est-à-dire l'ensemble des caractères qui nous servent, en anatomie, de procédés pour les

distinguer les uns des autres. Mais, dans l'état actuel de la chimie et de l'anatomie, nous sommes forcés : 1° d'établir une distinction préalable entre l'analyse élémentaire et chimique proprement dite et l'analyse immédiate, que nous appellerons analyse anatomique ; 2° d'exposer en quoi consiste cette analyse anatomique. De là deux *sections* dans cet article.

PREMIÈRE SECTION.

DIFFÉRENCES ENTRE L'ANALYSE IMMÉDIATE OU ANATOMIQUE ET L'ANALYSE MÉDIATE OU ÉLÉMENTAIRE.

297. — Il existe, comme nous l'avons vu, deux sortes de principes qui constituent les corps vivants :

1° Les uns généraux, communs à tous les corps, soit bruts, soit organisés : ce sont les corps simples, ou éléments chimiques proprement dits.

2° Les autres spéciaux, quelques uns généralement répandus, mais la plupart particuliers, c'est-à-dire n'appartenant qu'à un petit nombre d'êtres : ce sont des corps tous plus ou moins complexes, ou corps composés. Nous avons dit qu'ils sont généralement d'origine organique, c'est-à-dire se formant dans les corps vivants ; quelques uns sont des composés d'origine inorganique ou minérale, et ceux-là sont introduits du dehors.

Les *premiers* sont les *principes médiats*, ou éloignés, de l'organisme. Ils n'ont, dans les phénomènes qui s'y passent, qu'une action fort éloignée et indirecte, que nous ne pouvons apprécier expérimentalement, et sur laquelle nous ne pouvons avoir une influence directe par aucun moyen ; comme aussi nous ne pouvons les modifier en nombre ou en quantité que d'une manière indirecte.

Les *seconds* sont les *principes immédiats*, c'est-à-dire, directs du corps. Ce sont eux qui agissent réellement et sont directement en action dans les phénomènes que nous voyons se passer dans chaque animal ou chaque végétal. Cette action, nous pouvons l'apprécier expérimentalement, c'est-

à-dire que nous pouvons voir quelles modifications surviennent dans tel ou tel phénomène habituel présenté par l'organisme, quand on modifie la quantité d'un ou de plusieurs d'entre eux, ou quand on vient à en introduire de nouveaux fabriqués artificiellement ou empruntés à quelque autre espèce vivante. Ce sont là les véritables principes de nos humeurs et des tissus ; ce sont ceux-là seulement que nous devons étudier et dont nous nous sommes occupés ; ce sont ceux-là seulement qu'il nous importe et qu'il nous est indispensable de connaître directement, en eux-mêmes, expérimentalement, puisque ce sont eux qui forment la substance de l'économie. Quant aux premiers, les corps simples, leur histoire appartient uniquement à la chimie ; cependant, comme ils forment les principes immédiats, qu'ils en sont les éléments, ils doivent être connus pour étudier d'une manière convenable les principes immédiats. Mais leur histoire ne peut être faite que sous le point de vue purement chimique, car ce ne sont pas eux qui constituent directement la substance organisée. Ainsi le carbone ou l'hydrogène sont des éléments qui se rencontrent dans presque tous les principes immédiats, mais ce ne sont pas eux qui constituent directement la matière organisée, mais bien l'albumine, la stéarine, l'urée, etc. La participation de ces éléments chimiques aux phénomènes qui se passent dans l'organisme est tellement indirecte, que nous n'avons pas à nous en occuper au point de vue anatomique ; ils constituent le principe immédiat, ils entrent dans sa composition dans de certaines proportions qu'il est bon de connaître ; mais, anatomiquement, on étudie le principe immédiat, ses caractères, le rôle qu'il joue dans l'organisme, sans se préoccuper continuellement de sa composition élémentaire.

298. — L'analyse immédiate ou anatomique, avons-nous dit, diffère essentiellement de l'analyse chimique, en ce qu'il s'agit dans la première d'isoler, d'extraire les principes immédiats, à l'état dans lequel ils se trouvent dans le corps des animaux, sans leur faire subir de transformation.

Quoique, dans ces dernières années, quelques chimistes soient arrivés à isoler la plupart des principes qui constituent les humeurs telles que l'urine, le suc de la viande, etc., il n'en est pas moins vrai qu'on est encore loin de l'analyse telle qu'elle devrait être mise en pratique pour tous les tissus et toutes les humeurs qui constituent l'organisme animal. En effet, les chimistes, qui seuls se sont occupés de l'analyse des liquides animaux et des tissus, ne pouvaient y attacher la même importance que le physiologiste ; celui-ci, au contraire, s'intéressera à des faits que le chimiste regarde comme très insignifiants : la présence d'un principe dans une humeur, fût-il en quantité infiniment petite, pourra devenir pour lui une vive lumière ; la question de savoir si un principe est à l'état isolé ou combiné avec quelque autre pourra lui expliquer maints phénomènes. On comprend que le chimiste ne serait plus alors qu'une machine à analyse ; position que nul savant ne pourrait accepter. Aussi a-t-on vu ce point si important de la biologie, savoir, la connaissance exacte de la composition des tissus et des humeurs, être complétement négligé.

Les anatomistes et les physiologistes doivent maintenant reprendre cette étude au point de vue organique, en prenant pour modèle les analyses de M. Chevreul sur les graisses, et celles de Liebig sur le suc de la viande.

On objectera qu'il est impossible à un homme qui n'a pas fait de la chimie une spécialité, d'arriver à l'analyse des liquides animaux, analyses considérées jusqu'à présent comme les recherches les plus difficiles du domaine de la chimie. Sans doute il n'appartiendra qu'au chimiste de découvrir des principes nouveaux dans les humeurs, de les déterminer et d'en étudier tous les caractères, de leur donner une place enfin parmi les substances chimiques. Mais le nombre des principes immédiats n'est pas infini, et l'on arrivera avant peu à connaître presque toutes les substances qui composent le corps des animaux. Déjà, pour l'urine, on connaît presque toutes les substances qui la composent, et les physiologistes peuvent

déjà hardiment entreprendre l'analyse de cette humeur dans les différents états physiologiques et même pathologiques.

Il n'est donc pas déplacé de rechercher de quelle manière les physiologistes pourront entreprendre l'étude de la composition des tissus et des humeurs, sans avoir recours aux chimistes.

Dans les premiers temps de la chimie, constituée comme science, il était nécessaire à tous ceux qui voulaient la connaître, et s'en servir dans les sciences ou les arts correspondants, de passer par toutes les épreuves qu'avaient traversées les hommes qui professaient les nouvelles idées, de refaire toutes les expériences qui avaient amené les admirables découvertes auxquelles nous devons la science chimique moderne. Peu à peu on a abandonné les épreuves pour ne garder que les faits, et la chimie pratique, dégagée d'une foule d'expérimentations dès lors inutiles, a pu étendre son domaine aux sciences et à l'industrie qui réclamaient son aide. Les traités de chimie, qui consacraient des volumes aux corps simples, parviennent maintenant à faire tout comprendre, à tout expliquer en peu de mots, et l'on a relégué dans l'histoire de la science une foule de détails qui ne sont plus indispensables.

Qu'arrive-t-il maintenant? C'est qu'on peut dans les laboratoires diriger ses études vers des spécialités en n'étudiant la chimie proprement dite que d'une manière générale. Ainsi, sans être chimiste, un médecin possédant les notions de chimie indispensables à son art pourra en peu de temps apprendre l'analyse immédiate ou anatomique, de manière à se servir de la chimie comme d'un moyen d'investigation dans l'étude du corps, soit à l'état physiologique, soit à l'état pathologique. Nous dirons plus encore : c'est que nous croyons que le physiologiste qui étudiera la chimie pour s'en servir comme d'un moyen sera infiniment plus apte à analyser les corps organisés que le chimiste le plus consommé. Chaque science influe sur la manière de voir et sur la méthode du savant : ainsi, tandis que le chimiste verra toujours dans son

analyse le résultat final, la séparation des substances ; le physiologiste, au contraire, rapportera tout au tissu et à l'humeur qu'il analyse, chaque phénomène sera pour lui sujet à observation, et les moindres détails prendront à ses yeux une importance capitale.

Ceci est un point sur lequel on ne saurait trop insister ; car actuellement il semble à beaucoup de savants que ce soit au chimiste à pénétrer avec sa méthode dans l'étude de l'organisme.

La chimie a dû, il est vrai, précéder l'étude de la physiologie ; elle est en quelque sorte le pont qui relie le monde inorganique avec le monde organique ; sans elle, l'observation la plus intelligente n'aurait pu amener la physiologie végétale et animale où elle en est maintenant ; mais ce n'est pas une raison pour que l'étude du corps des animaux doive être faite exclusivement par des chimistes n'ayant souvent que des notions très imparfaites sur la nature de la matière organisée.

Ainsi, tandis que le chimiste verra dans l'urée une substance provenant de l'oxydation de l'acide urique dans le corps ; qu'il attribuera les différences de forme, de caractère de la substance organisée, à un groupement particulier d'atomes, le physiologiste, au contraire, considérant l'urée comme un des principes immédiats constituant le corps, recherchera si l'urine seule en contient ; il étudiera le sang, les liquides, les sucs qu'il peut extraire des différents tissus, et recherchera si l'urée s'y rencontre ; il examinera l'urine dans les différents états pathologiques, il l'étudiera chez les divers animaux soumis à des régimes différents, et il arrivera peut-être à relier la présence ou l'absence de ce principe à quelques phénomènes physiologiques, à quelque fonction. Le physiologiste recherchera simplement s'il n'existe pas des réactions, des caractères particuliers qui lui permettent de distinguer entre elles l'albumine, la caséine, la globuline, etc. ; il pourra, au moyen de ces caractères, reconnaître alors ces substances, les poursuivre partout où elles se trouvent, et leur assigner un rôle dans les phénomènes physiologiques, sans entrer dans

les discussions chimiques sur la nature intime de ces substances.

299. — Par analyse, nous entendons ici la séparation des principes immédiats les uns d'avec les autres, et leur extraction, à l'état dans lequel ils se trouvent dans l'organisme.

Par analyse, on entend plusieurs choses en chimie. L'étymologie du mot indiquerait qu'il y a nécessairement séparation, division. Cependant le sens du mot s'étend aussi à reconnaître, par l'étude des caractères d'une substance, à quel groupe elle appartient, et qui elle est. L'analyse proprement dite devrait donc être la séparation, la désunion des substances mélangées ou combinées entre elles.

En chimie, on a étendu le mot analyse à la détermination en poids des éléments qui constituent une substance décomposable par la chaleur, tandis que la combustion par laquelle on détermine les proportions de carbone, d'hydrogène, d'azote et d'oxygène qui constituent une substance, n'est plus de l'analyse, mais bien la détermination d'un des caractères de la substance, savoir dans quel rapport se trouvent les éléments qui la constituent. Une fois une substance isolée de toute autre par l'analyse, ayant une forme cristalline, se décomposant complétement par la chaleur, résistant à tous les moyens connus de séparation ou d'analyse, cette substance pourra être considérée comme pure. Là s'arrête l'analyse proprement dite, et commence l'étude des caractères qui, pourront distinguer cette substance et la faire reconnaître des autres corps chimiques. Parmi ces caractères, il en est un, le plus essentiel, qui consiste dans la composition élémentaire du corps qu'on étudie. On le détermine en brûlant la substance avec des matières qui oxydent son carbone, son hydrogène, qu'on peut alors doser comme acide carbonique et eau. Pour doser l'azote, on le transforme en ammoniaque par la combustion avec des matières fournissant de l'hydrogène, ou bien on le dose en volume comme azote.

Sans doute ce dosage des éléments est indispensable; mais en le mettant à la place qu'il doit occuper dans l'analyse

organique proprement dite, tout en conservant une importance capitale, il est réduit à la détermination d'un des caractères d'une substance chimique; c'est un moyen purement mécanique qu'il faut placer à côté des déterminations de poids spécifique, de densité de vapeur, etc. Ce n'est donc point de l'analyse; mais c'est le moyen le plus sûr de reconnaître si une substance, qu'on est parvenu à isoler, est déjà connue, ou bien s'il n'existe aucun corps semblable en chimie. Mais, nous le répétons, la détermination en poids des éléments qui constituent une substance qu'on analyse, n'indiquera nullement si la substance est isolée ou bien mélangée à quelque autre. C'est à l'analyse proprement dite à s'assurer par tous les moyens de la pureté de la substance.

300. — Cette distinction, que nous venons d'établir, a été trop souvent négligée. Ainsi, dès qu'on fut arrivé à déterminer la composition élémentaire des substances organiques, après avoir soumis à la combustion tout ce qui se présentait de mieux isolé, on analysa des mélanges, et on alla jusqu'à doser les proportions de carbone, d'hydrogène, d'azote et d'oxygène, du sang pris en masse; on voulut faire tout dépendre de la composition élémentaire, et les plus étranges théories furent bâties sur le plus ou le moins de carbone ou d'oxygène que la combustion donnait pour résultat.

Prenant des calculs d'atomes et des conclusions mathématiques pour le critérium de la science chimique, l'analyse anatomique fut abandonnée, et à côté d'une précision souvent exagérée, on rencontrait le vague, l'incertitude la plus déplorable lorsqu'il s'agissait de connaître la composition du corps de l'homme, alors qu'il aurait fallu trouver des procédés pour arriver à la détermination des principes immédiats qui le constituent.

Par un contresens inexpliquable, les discussions les plus stériles sur des arrangements de chiffres, prirent le premier rang dans l'opinion des chimistes, tandis que la partie la plus difficile de la science, qui demandait aux savants

beaucoup de profondeur et de diversité dans les connaissances, fut abandonnée et prise en dédain par ceux qui ne voyaient dans la chimie organique qu'un tissu de formules.

Par une conséquence naturelle, une quantité de savants se mirent à estimer en poids les différentes matières qu'ils croyaient avoir isolées. Ainsi il existe une foule d'analyses de liquides, soit animaux, soit végétaux, dans lesquelles on détermine rigoureusement le poids de certaines matières quelconques, plus ou moins colorées, insolubles dans l'alcool ordinaire, tant d'une autre matière se précipitant par l'alcool absolu ou l'éther, etc., sans déterminer en aucune façon de quelle nature pourrait être cette substance, si elle est pure ou mélangée.

Ce dédale existe encore : si l'on excepte deux exemples mémorables, l'analyse des corps gras, par M. Chevreul et l'analyse du suc des muscles, par Liebig, il est impossible de rencontrer une analyse organique proprement dite.

Eh bien ! la tâche que nous nous sommes imposée est de chercher à constituer l'analyse organique ; et nous voulons voir ici s'il n'existe pas quelques règles générales qui puissent guider ceux qui voudront entreprendre l'étude de la composition des corps organisés.

Dans l'analyse organique ou anatomique il faut, l'avons-nous dit, chercher à isoler, à séparer les principes immédiats sans altérer leur nature, et chercher à les obtenir tels qu'ils existent dans le corps des animaux.

Il arrive quelquefois, dans certaines circonstances, qu'un principe en dissolution devient insoluble ; il se dépose dans le corps vivant sans avoir changé autrement que de caractère de solubilité. C'est ce qui se passe dans les concrétions et les dépôts de toute nature qui peuvent se former dans le corps des animaux.

On rencontre donc des exemples d'analyse anatomique en étudiant le corps des animaux. Ainsi les dépôts d'acide urique, d'oxalates, de phosphates, dans l'urine ; les cristaux de cholestérine et d'acide margarique, qui se forment dans les

produits morbides, représentent parfaitement l'état d'isolement auquel chaque principe immédiat doit être amené par l'analyse anatomique.

En effet, dans l'analyse organique, vu l'instabilité des substances sur lesquelles on agit, on est obligé de renoncer aux moyens violents employés dans l'analyse des substances d'origine inorganique. Ainsi, dans l'analyse des sels inorganiques, on a recours au feu, à la fusion, à une température élevée, à la volatilisation ; on fait agir sans crainte alternativement les acides, les bases les plus énergiques ; il arrive, par ce moyen, que sur les innombrables formes que les corps chimiques peuvent prendre par les diverses combinaisons, on trouve toujours quelques réactions particulières qui peuvent indiquer la nature, l'espèce des substances qui sont soumises à l'analyse. Ainsi, de la chaux, de l'oxyde de fer, pourront être combinés, mélangés avec d'autres substances, chauffés à quelque température que ce soit ; on parviendra toujours à retrouver ces corps, les actions chimiques ne pourront en rien les altérer ; ce sont des corps, peu complexes il est vrai, mais cet exemple peut s'étendre à un grand nombre de sels qui peuvent être ramenés à leur forme primitive après avoir subi toutes sortes de transformations.

Cette stabilité est la base de l'analyse en chimie inorganique ; aussi l'analyse du minéral le plus compliqué ne présente plus aucune difficulté, et il existe des régles positives, au moyen desquelles on arrive aisément à connaître la composition des mélanges et des combinaisons les plus complexes.

L'analyse organique repose sur une base tout autre ; et l'on peut dire qu'un des caractères principaux des substances d'origine organique, c'est leur grande instabilité.

En effet, l'inspection seule de la composition élémentaire des substances d'origine organique indique déjà ce caractére d'instabilité. Tandis que les corps d'origine minérale, telles que le fer, la chaux, l'acide sulfurique, l'acide phosphorique, et les combinaisons qu'elles forment entre elles, peuvent être à volonté décomposées, puis reformées, les substances

organiques pouvant jouer le rôle de bases, d'acides, sont décomposées par l'action la moins violente ; elles disparaissent sans qu'il soit possible de réunir de nouveau leurs éléments, et de reconstituer la substance comme cela se fait pour les sels de chaux ou les sels de fer, par exemple. Il faut recourir alors à la matière organisée pour avoir de nouveau la substance qu'on vient de détruire, car nous ne pouvons pas encore avec les éléments, l'azote, l'hydrogène, le carbone et l'oxygène, reconstituer une substance d'origine organique.

La substance d'origine organique sera donc pour nous un corps que l'on peut regarder comme relativement simple, c'est-à-dire ne pouvant plus se décomposer encore en d'autres plus simples et reprendre par une nouvelle combinaison son état primitif. En effet, où s'arrêterait-on, il faudrait toujours aller jusqu'aux éléments. Ainsi anatomiquement la stéarine est une substance chimique que l'on peut considérer comme simple, quoiqu'elle puisse se décomposer en acide stéarique et en glycérine ; mais comme on ne peut plus réunir de nouveau ces deux produits de la décomposition, et que même il y a eu formation artificielle d'une des substances par l'addition d'atomes d'eau qui n'existaient pas dans la stéarine, nous ne pouvons pas admettre ainsi que la stéarine soit un composé comme un acétate de strychnine, par exemple, qui peut se décomposer et se reformer à volonté.

Il arrive donc un moment où les principes d'origine minérale ne peuvent plus se diviser sans éprouver une altération totale qui ne permet plus de régénérer la substance, celle-ci alors est détruite pour toujours. C'est à cette limite que doit s'arrêter l'analyse organique, elle doit considérer le sucre, la cholestérine, l'acide urique, l'acide hippurique comme des corps simples, comme des *principes* ou *éléments*, quoiqu'ils puissent être décomposés en de plus simples encore, mais qui, par leur réunion, ne pourraient plus reconstituer le corps primitif.

C'est donc sur un certain nombre de principes seulement que l'analyse organique doit agir, elle doit toujours conserver

la substance telle qu'elle existait dans la matière organisée ; passé cette limite nous arrivons à l'analyse chimique proprement dite, qui sonde la composition intime des corps et qui nous enseigne quels sont les produits de la décomposition de la substance organique, et quelle place elle doit occuper parmi les corps chimiques.

L'étude des principes immédiats nous apprend quelles sont les substances qui se rencontrent dans l'organisme tant animal que végétal, elle nous montre en un mot ce qui appartient à la biologie et ce qui appartient à la chimie ; elle nous fait connaître quelles sont les substances produites par l'organisme, et quelles sont les transformations qu'elles subissent dans le corps des plantes et des animaux ; en un mot, l'étude des principes immédiats permet de rendre à la chimie ce qui lui appartient uniquement, et fait entrer dans la biologie une foule de substances qui tout en ayant un côté de leur histoire qui est purement chimique, font désormais partie des matériaux dont l'examen constitue la science biologique.

En partant de ce point de vue, on comprendra aisément que la plupart des difficultés disparaissent, et qu'il devient possible d'établir pour l'analyse organique ou anatomique des règles qui devront bientôt atteindre la précision de celles qui régissent l'analyse chimique proprement dite. En effet, le nombre des substances sur lesquelles on doit agir devient très restreint.

Nous avons déjà vu quel était le nombre des principes immédiats qui constituent le corps de l'homme et des principaux mammifères ; ce que nous dirons des différents procédés à employer dans l'analyse organique ou anatomique peut également s'appliquer d'une manière générale aux principes immédiats des plantes.

DEUXIÈME SECTION.

DE L'ANALYSE IMMÉDIATE OU ANATOMIQUE DE LA SUBSTANCE ORGANISÉE TANT DES TISSUS QUE DES HUMEURS ; OU DES MOYENS A L'AIDE DESQUELS ON EXTRAIT DE LA MATIÈRE ORGANISÉE LES PRINCIPES QUI LA CONSTITUENT.

301. — Les procédés d'extraction des principes immédiats, quoique soumis à des règles générales, diffèrent cependant entre eux, suivant la nature des tissus qu'on analyse, et aussi d'après la nature des substances qui constituent ces tissus. Ainsi une analyse anatomique ne pourra être faite d'une manière rationnelle si l'on ne part non seulement de la nature du tissu ou de l'humeur, mais encore si l'on ne s'enquiert de l'état physiologique ou anormal de l'animal, et d'où provient le liquide ou le tissu que l'on doit analyser. Il a été suffisamment démontré par l'expérience qu'il était impossible de répondre par une analyse faite par un chimiste d'une urine, d'un sang, d'une tumeur, aux questions du physiologiste ou du médecin ; aussi la première condition de l'analyse est la connaissance exacte des conditions qui ont concouru à la formation du liquide à analyser, ou, en d'autres termes, de savoir dans quel état se trouvait le corps d'où il provient.

302. — Une fois les rapports qui relient le tissu ou l'humeur à analyser au corps de l'animal connus, il reste à en examiner la nature anatomique au point de vue de la texture, de l'état solide ou fluide ou demi-liquide. De cet examen sortira déjà une classification naturelle ; ainsi, si la matière est solide, on saura qu'on peut rencontrer :

I. Des substances solides ne pouvant être dissoutes ni dans l'eau, ni dans l'alcool, ni dans l'éther, ne pouvant pas cristalliser, et ne changeant pas de forme lorsqu'on les sépare mécaniquement de matières qui les accompagnent : telles sont la fibrine, la musculine, l'osséine, etc. Ces principes existent à l'état de pureté parfaite, et ne peuvent être isolés que mécaniquement par le scalpel, et purifiés par des lavages à l'eau et à l'alcool qui enlèvent les sels et les graisses qui les accom-

pagnent. Pour ces principes, l'analyse ne va donc pas plus loin qu'une séparation mécanique.

303. — II. On rencontre ensuite des substances solides déposées à l'état de pureté, cristallisées ou amorphes . tels sont la cholestérine dans les cas morbides, les urates dans les sédiments, l'acide urique, les phosphates de chaux, l'oxalate de chaux, la cystine. Ces principes sont en général à l'état de pureté parfaite ou mélangés mécaniquement. L'analyse, dans ce cas, consiste d'abord à les séparer mécaniquement les uns des autres et ensuite à étudier leurs différents caractères. L'examen microscopique indiquera dans le plus grand nombre des cas quel est le principe auquel on a affaire. Dans d'autres cas, il faudra redissoudre le dépôt qu'on a isolé sur un petit filtre, soit dans l'eau, soit dans l'alcool bouillant ; s'il se dissout quelque chose dans un de ces véhicules, on décante le liquide, et par le refroidissement les cristaux se reforment. C'est ce qui arrive pour les dépôts formés d'acide urique ou d'urates alcalins qui se dissolvent en partie dans l'eau bouillante et cristallisent par le refroidissement.

Ainsi les dépôts peuvent être formés de :

Acide urique.
Urates de soude, de potasse ou d'ammoniaque.
Urates de chaux, de magnésie.
Oxalate de chaux.
Phosphate de chaux.
Phosphate ammoniaco-magnésien.
Cystine.
Carbonate de chaux.
Phosphate de magnésie.
Cholestérine.
Acide margarique.
Acide stéarique.

Tous ces principes sont cristallisables et peuvent être ramenés à des formes parfaitement définies, en les redissolvant dans certains véhicules.

304. — Dans l'analyse qu'on a appelée *microchimique*, on indique des procédés pour reconnaître ces diverses substances, mais on est bien loin d'être arrivé à la précision que permet la connaissance approfondie des principes immédiats. Ainsi, une cause d'erreurs des plus graves gît dans la manière dont on examine ces dépôts sous le microscope; on sépare incomplétement la partie solide du liquide, et on place le résidu sur

la lame de verre posée sous le microscope. On ajoute au dépôt placé dans le champ du microscope une goutte d'acide acétique ou chlorhydrique, et suivant ce qui se passe, on croit pouvoir décider qu'on a des phosphates, ou des urates, ou des oxalates, etc.

Malheureusement pour ce mode d'analyse, les réactions chimiques ne sont pas aussi obéissantes, et il faut beaucoup de bonne volonté pour se satisfaire d'un pareil examen. En effet, la présence du liquide, que ce soit de l'urine ou une autre humeur, rend impossible toute réaction nette; l'urine, lorsqu'elle est concentrée, peut, dans certaines circonstances, donner un précipité par les acides; les oxalates, lorsqu'ils ne sont pas de récente formation, ne se dissolvent pas dans les acides avec la même facilité que dans d'autres circonstances. Par le mélange des substances qui forment les dépôts et par la présence du liquide dans lequel elles se trouvent, il est donc impossible de faire une bonne analyse sous le microscope si l'on ne prend pas beaucoup de précautions. Il est vrai que, dans certains cas, il est très facile de reconnaître certains principes, mais nous voulons arriver à une précision qui ne permette aucun doute sur la nature des substances qui forment un dépôt quelconque.

305.— Le premier acte de l'analyse consistera donc ici à séparer complétement sur un petit filtre le dépôt qu'on voudra étudier, de quelque nature qu'il soit; il faudra ensuite le laver avec quelques gouttes d'eau distillée. On prendra ensuite avec une lame de platine une petite quantité du dépôt qu'on chauffera à la flamme d'une lampe. Il pourra arriver:

1° Que la masse reste intacte et ne se transforme pas à la chaleur rouge;

2° Que la masse se noircisse, se gonfle, et qu'il reste cependant à la fin un résidu blanc fixe à la chaleur rouge;

3° Que la masse se charbonne, brûle et disparaisse complétement.

Dans le premier cas, le dépôt sera uniquement composé de substances inorganiques inaltérables à la chaleur rouge; cela

nous indique que nous avons du *phosphate de chaux* ou du *carbonate de chaux* ou *de magnésie*, ou du *phosphate de magnésie;* en effet ce sont les seuls principes immédiats qui soient insolubles dans l'eau et inaltérables par la chaleur rouge.

Dans le second cas, le dépôt qui a été décomposé en partie seulement pourra être formé par de l'*urate de soude*, de *potasse*, de *chaux* ou de *magnésie*, d'*oxalate de chaux*, ou de *phosphate ammoniaco-magnésien*, seuls principes pouvant se précipiter ainsi, et se décomposant en partie par la chaleur rouge.

Dans le troisième cas, le dépôt disparaît complétement à la chaleur rouge.

Acide urique, urate d'ammoniaque, cystine, cholestérine, acide margarique, acide stéarique, principes qui se décomposent complétement à la chaleur rouge.

Voilà déjà le dépôt placé dans un de ces trois groupes. Nous pouvons alors en faire l'analyse, en admettant, pour plus de simplicité, qu'il ne contiendra que des substances appartenant au même ordre.

306. — Le dépôt ne s'altère pas à la chaleur rouge.

On en place un peu sous le microscope, dans un verre de montre, et on l'humecte avec une goutte d'acide acétique : s'il se dégage une grande quantité de bulles d'air visibles au microscope, on aura un carbonate de chaux ou de magnésie ; s'il ne s'en dégage point, ce sera un phosphate également de chaux ou de magnésie; en ajoutant à la solution du phosphate ou du carbonate dans de l'acide quelques gouttes d'oxalate d'ammoniaque, et neutralisant par l'ammoniaque, on aura un précipité si c'est de la chaux, et point de précipité pour la magnésie.

307. — Le dépôt se décompose en partie par la chaleur.

On place le précipité dans un verre de montre, et on le délaye avec de l'eau distillée ; le verre de montre est posé sur un petit bain-marie dont l'eau bout. Le précipité se dissout ; on concentre un peu la liqueur, et l'on en place une

goutte sous le microscope. Par le refroidissement, il se formera des cristaux composés d'urate de potasse, d'urate de soude ou d'urate de chaux, ou de magnésie. Comme l'examen des cristaux pourrait peut-être ne pas suffire, on a recours à un examen ultérieur : ainsi, pour s'assurer si c'est bien un urate, on l'humecte sur une lame de platine avec de l'acide azotique, et l'on dessèche le mélange au-dessus d'une flamme de lampe à l'alcool, en ayant soin de ne pas brûler la masse ; lorsqu'elle est sèche, on verse sur ce résidu une goutte d'ammoniaque. Le tout prend une magnifique couleur pourpre, lorsque c'est un urate qu'on analyse.

On reconnaît si c'est un urate de soude, ou de potasse, ou de magnésie, en brûlant un peu de la masse; le résidu est dissous par une goutte d'eau ; s'il reste insoluble, c'est de la magnésie : donc urate de magnésie. S'il se dissout, c'est de la soude ou de la potasse : on place une goutte de la solution sous le champ du microscope et l'on y ajoute une goutte de chlorure de platine; s'il se forme un précipité jaune composé de cristaux octaédriques, c'est de la potasse : donc urate de potasse; s'il n'y a point de précipité, c'est de l'urate de soude.

Le précipité est insoluble dans l'eau bouillante : *oxalate de chaux* ou phosphate ammoniaco-magnésien ; il se dissout dans une goutte d'acide chlorhydrique, puis reparaît lorsqu'on neutralise l'acide qu'on a ajouté, par quelques gouttes d'ammoniaque : l'examen microscopique des cristaux formés indique auquel des deux sels on a affaire.

308. —Le dépôt disparaît complétement par l'action de la chaleur.

On le traite par un peu d'eau que l'on fait bouillir ; il se dissout en partie par le refroidissement, l'eau dépose des cristaux d'*acide urique* reconnaissables au microscope; on répète de plus ici l'expérience que nous avons indiquée pour reconnaître les urates, savoir la production de la couleur pourpre par l'action de l'acide azotique et de l'ammoniaque.

Le précipité insoluble dans l'eau se dissout dans l'alcool

bouillant; par le refroidissement, il se forme des cristaux de cholestérine, d'acide stéarique ou margarique, substance qu'il est aisé de distinguer au microscope.

309. — III. Matières solides, molles (graisseuses), ne pouvant pas être isolées mécaniquement, et formant un mélange intime.

Les principes immédiats qui constituent les suifs et les graisses ne présentent dans l'organisme aucune forme cristalline, et ne peuvent pas être séparées par le scalpel ou par des lavages à l'eau. Ces principes possèdent des propriétés tellement semblables, qu'il a fallu de grands efforts pour parvenir à les séparer les uns des autres, c'est-à-dire à analyser les tissus qu'ils forment par leur mélange. Les suifs présentent, en effet, des caractères organiques qui n'ont leur analogue nulle part ailleurs. Ainsi, il est reconnu que le suif de bœuf, par exemple, est composé de trois substances : la stéarine, la margarine et l'oléine. Deux de ces substances sont solides et ne fondent qu'à une température assez élevée ; la troisième, l'oléine, est une substance liquide, une huile limpide, ne pouvant se solidifier qu'à une très basse température. Il semblerait que rien n'est plus simple que d'extraire cette huile par la pression, ou par le contact prolongé avec quelque corps poreux, tel que le papier brouillard; point du tout; quelque soin que l'on prenne il sera impossible d'enlever au suif une trace d'oléine. Si on graisse du papier brouillard par la pression à une douce chaleur, la portion retenue par le papier sera également composée du mélange des trois substances, et cela dans les proportions qui constituent le suif tel qu'il était avant l'opération.

La première opération dans l'analyse d'un tissu graisseux consiste à en extraire le suif; pour cela il faut faire macérer la masse graisseuse dans de l'eau bouillante et la broyer pour en faire sortir le suif retenu dans les cellules. La graisse, devenue libre, surnage à la surface de l'eau ; elle se prend par le refroidissement en un gâteau que l'on enlève. Les suifs contiennent toujours de l'oléine, de la stéarine et de la mar-

garine ; ces deux dernières substances varient en quantité, suivant la nature du tissu, suivant la partie du corps et suivant l'animal auquel il appartient. Pour parvenir à distinguer ces principes, on dissout un petit morceau du gâteau de suif dans de l'alcool absolu, bouillant : tout se dissout. Lorsque l'alcool se refroidit on voit se former des cristaux ; ceux qui se déposent les premiers, avant même que l'alcool soit complétement froid, sont formés de stéarine. La margarine cristallise un peu après. Il est facile de distinguer ces deux substances par l'examen au microscope. L'oléine reste en dissolution dans l'alcool et s'attache aussi aux cristaux de stéarine et de margarine. On l'extrait en pressant ceux-ci dans du papier brouillard ; l'oléine est absorbée par le papier d'où on peut l'enlever en le traitant par l'éther.

Ce mode d'analyse peut suffire dans certains cas, mais il est infiniment préférable de transformer le suif en savon par l'ébullition avec une dissolution étendue de soude ou de potasse, l'oléine, la margarine et la stéarine se transforment alors en acide oléique, stéarique et margarique combinés à la base que l'on a employée ; la dissolution de savon est ensuite décomposée par de l'acide chlorhydrique ; on peut alors étudier les caractères des acides stéariques, margariques et oléiques qu'il est infiniment plus facile de séparer les uns des autres, et dont les caractères sont beaucoup plus tranchés que pour la stéarine, margarine, oléine d'où ils proviennent.

Il suffit, pour isoler ces trois acides, de dissoudre le mélange dans de l'alcool absolu bouillant. Par le refroidissement de la liqueur, et avant même qu'elle ne soit complétement froide, il se dépose des cristaux d'acide stéarique qu'on peut séparer de suite ; l'acide margarique cristallise un peu après ; quant à l'acide oléique, il reste dans la dissolution.

Il est facile, au moyen du microscope, de distinguer les deux acides stéarique et margarique. Ces deux acides sont très difficiles à séparer l'un de l'autre, et ne peuvent être parfaitement isolés qu'au moyen de cristallisations successives.

L'acide stéarique fond à 75°, et l'acide margarique à 56° ;

on pourra considérer comme parfaitement pur l'acide qui se fondra juste à l'un de ces points de fusion.

Les mélanges de ces deux acides fondent, suivant les proportions dans lesquelles ils se trouvent mélangés, à des degrés différents mais constants pour les mêmes mélanges. Il a été possible d'établir des tables de fusibilité, que l'on doit à M. Gottlieb (1).

	Acide stéarique.		Acide margarique.		Point de fusion.
1)	30	parties sur	10	parties	65,°5
2)	25	—	10	—	65°
3)	20	—	10	—	64°
4)	15	—	10	—	61°
5)	10	—	10	—	58°
6)	10	—	15	—	57°
7)	10	—	20	—	56,°5
8)	10	—	25	—	56,°3
9)	10	—	30	—	56°

L'acide oléique se reconnaît facilement à son état liquide. Pour l'obtenir parfaitement pur, on le sature avec un peu de litharge pour le transformer en savon de plomb; ce savon se dissout dans l'éther, tandis que les stéarates et les margarates de plomb ne se dissolvent pas dans ce véhicule. Au moyen d'hydrogène sulfuré l'oléate de plomb est décomposé; l'acide oléique est alors à l'état parfaitement pur.

Il n'y a de graisses, à proprement parler, que celles qui composent les suifs. Les autres substances, telles que la cholestérine, la cétine, la séroline, etc., quoique ayant quelques propriétés analogues à celles qui caractérisent les graisses, sont cependant des substances à part, jouant un tout autre rôle dans l'organisme, et elles ne peuvent être isolées par les moyens que nous venons d'indiquer.

310. — IV. Principes pouvant se trouver en dissolution dans les liquides animaux.

Ce sont les suivants :

(1) Gottlieb, *Ann. der ch. und pharm.*, 1845, Bd, 57, s. 35.

1. Chlorure de sodium.
2. Chlorure de potassium.
3. Chlorhydrate d'ammoniaque.
4. Carbonate d'ammoniaque.
5. Bicarbonate d'ammoniaque.
6. Carbonate de potasse.
7. Bicarbonate de potasse.
8. Carbonate de soude.
9. Bicarbonate de soude.
10. Sulfate de potasse.
11. Sulfate de soude.
12. Sulfate de chaux.
13. Phosphate neutre de soude.
14. Phosphate acide de soude.
15. Phosphate de potasse.
16. Phosphate basique de chaux.
17. Acide lactique.
18. Lactate de potasse.
19. Lactate de soude.
20. Lactate de chaux.
21. Acétate de soude.
22. Urate de potasse.
23. Urate de soude.
24. Acide hippurique.
25. Hippurate de chaux.
26. Hippurate de soude.
27. Hippurate de potasse.
28. Inosate de potasse.
29. Urée.
30. Allantoïdine.
31. Leucine.
32. Créatine.
33. Créatinine.
34. Acide pneumique.
35. Pneumate de soude.
36. Acide stéarique.
37. Acide margarique.
38. Acide oléique.
39. Sels de soude ou de potasse des acides gras.
40. Choléate de soude.
41. Hyocholinate de soude.
42. Glycocholate de soude.
43. Cholestérine.
44. Oléine.
45. Séroline.
46. Margarine.
47. Stéarine.
48. Phocénine.
49. Sucre de foie.
50. Sucre de lait.
51. Fibrine.
52. Albumine.
53. Albuminose.
54. Caséine.
55. Pancréatine.
56. Mucosines.

En parcourant la liste des substances qui peuvent se trouver à l'état de solution dans les liquides animaux, on est tout d'abord frappé d'y voir des substances tout à fait insolubles dans l'eau, comme des graisses et certains sels. Mais on verra plus loin qu'il existe d'apparentes anomalies qui peuvent très bien s'expliquer par l'action de dissolution réciproque qu'exercent les sels les uns sur les autres : ainsi, pour la séroline, on verra qu'elle est dissoute dans le sang, mais qu'elle est néanmoins insoluble dans l'eau ; dans le sang elle est parfaitement dissoute, quoiqu'elle ne soit combinée à aucun sel, et cependant c'est une substance parfaitement insoluble dans l'eau (1).

Il semblerait aussi, au premier abord, que rien n'est plus facile, un certain nombre de substances étant données, pouvant se trouver dissoutes dans un liquide, d'arriver à isoler

(1) Verdeil et Marcet, *Recherches sur les principes immédiats, etc.* (*Journ. de chim. et de pharm.*, t. XX, 1851).

toutes celles qui s'y trouvent, en partant des caractères chimiques de ces substances, de leur solubilité dans l'eau, l'alcool, etc., de leur plus ou moins grand degré de stabilité, de leur facilité de cristallisation, etc.; en un mot, il semblerait qu'il faille procéder comme on le fait pour l'analyse d'un liquide contenant des sels minéraux, en cherchant à rendre insolubles les différents principes, et en les séparant au moyen de la dissolution dans l'alcool, l'éther, etc.

On commencerait ainsi par évaporer le liquide pour en chasser l'eau, puis on traiterait le résidu par de l'éther, puis de l'alcool absolu, puis de l'alcool ordinaire, puis de l'eau. Comme un grand nombre de substances sont, à l'état de pureté, solubles dans l'un de ces véhicules et insolubles dans un ou tous les autres, on devrait arriver à les séparer; mais non, on n'obtient, par ce procédé, aucun principe immédiat pur, mais bien des mélanges qu'on a appelés substances, matières extractives, extraits, et qu'on a considérés longtemps comme la limite à laquelle devait s'arrêter l'analyse.

Ainsi, dans tous les livres dits de chimie physiologique, à propos de l'analyse du sang, de l'urine, des sucs végétaux, etc., on trouve estimées en poids les matières extractives solubles dans l'éther, l'alcool anhydre ou hydraté et l'eau. On a même donné des noms à ces extraits, on les a nommés *osmazôme*, etc.

Il est vrai que beaucoup de chimistes répudient ces analyses et regardent à juste titre ces *extraits* comme des produits de décomposition des principes qui existaient dans l'humeur qu'on a analysée.

Les physiologistes, de leur côté, sentent que de pareilles analyses ne sont pas des réponses à leurs questions, et ils désespèrent de l'utilité de la chimie dans les explorations physiologiques.

Les uns et les autres renoncent alors à analyser les humeurs, et cherchent plutôt des réactions, trompeuses pour la plupart, qui puissent leur indiquer tout de suite, par un changement soit de couleur, soit d'un autre caractère, la présence

d'une substance qu'ils soupçonnent exister. Certains chimistes répondent qu'il n'y a rien à faire, et pour excuser leur peu de persévérance dans l'étude des liquides animaux, ils répondent invariablement que les substances qu'on pourrait extraire du corps sont des produits de décomposition : réponse plus facile et moins laborieuse que celle qui résulterait de recherches sérieuses. Entre ces deux exagérations, celle qui consiste à considérer ces produits altérés comme le résultat de l'analyse, et celle qui déclare que les substances organiques sont tellement instables qu'il est impossible de les isoler par l'analyse et de les obtenir telles qu'elles existent dans les liquides animaux, il se trouve un juste milieu vrai.

Il est possible et même aisé d'isoler les principes immédiats en dissolution dans les liquides, et il est possible de le faire sans altérer leur nature, de manière qu'on les obtienne tels qu'ils se rencontrent dans l'organisme. Mais on ne peut pas considérer une matière quelconque, un précipité produit par l'alcool, par exemple, comme une substance isolée et devant être considérée comme un principe faisant partie du liquide d'où on l'a extraite.

En se plaçant sur ce terrain, l'analyse des liquides animaux est possible; surtout si l'on tient compte des propriétés chimiques des substances qui les constituent, et des particularités inhérentes à des mélanges aussi compliqués.

Remarques applicables à l'analyse de tous les liquides animaux.

311. — Outre les humeurs telles que le sang, l'urine, etc., on peut, par trituration et expression des tissus, mélangés à une quantité d'eau convenable, obtenir, sous forme de sérum, la partie liquide dont les éléments anatomiques sont imbibés. Cette partie liquide des éléments est ce qu'on a quelquefois appelé *suc nourricier* : c'est une portion de la matière qui constitue les fibres, cellule, etc.; elle en fait partie au même titre que la portion solide qu'on ne peut pas exprimer sous

forme de suc, et sans elle les éléments ne sont rien au même titre que s'ils manquaient de principes solides.

Des muscles, des glandes, etc., on peut donc enlever par l'eau des sucs particuliers qui peuvent être analysés tout comme une humeur.

La première chose à faire pour isoler les principes qui sont en solution dans un liquide, est de chercher à diminuer la quantité d'eau qui leur a fait prendre l'état de solution, afin d'arriver au moment où, la quantité d'eau étant devenue moindre, certains principes ne pouvant plus rester en dissolution se déposent sous la forme cristalline.

Ceci est la base de l'analyse des liquides animaux, mais l'application de ce procédé n'est pas aussi simple qu'il le paraîtrait tout d'abord.

Il existe dans la plupart des liquides animaux de l'albumine en dissolution ; cette albumine se coagule lorsqu'on évapore le liquide qui le renferme, et se dépose à l'état insoluble.

312. — La première opération de l'analyse d'un liquide consistera donc toujours à essayer s'il renferme de l'albumine, et à coaguler cette albumine par la chaleur. Une fois qu'elle est devenue insoluble, on filtre pour la séparer du liquide.

Avant d'évaporer le liquide, il faut encore s'assurer, au moyen d'un papier à réactif, si la liqueur est acide, neutre ou alcaline. Est-elle acide ou alcaline, il faut la neutraliser, afin que l'acide ou l'alcali libre ne puisse en aucune manière altérer les substances à analyser.

Mais, dira-t-on, voilà déjà des substances étrangères que vous ajoutez à votre liquide, comment pourrez-vous ensuite distinguer entre ces substances et celles qui existent déjà?

Pour toute personne ayant fait une analyse chimique quelconque, il est avéré qu'il est impossible de faire directement l'analyse d'un liquide un peu compliqué par la diversité des substances qu'il contient, ces substances fussent-elles toutes inorganiques comme dans une eau minérale; on est tou-

jours obligé, pour répondre à certaines questions, de faire certains essais accessoires.

Ainsi, pour notre liquide, s'il est acide, nous ajouterons un peu d'eau de baryte pour le neutraliser : la baryte n'est pas un principe existant dans le corps des animaux ; de plus, la baryte peut être ensuite complétement éliminée, si cela était nécessaire, au moyen d'eau acidulée par l'acide sulfurique.

De plus, si l'on veut savoir quelle est la base dont la baryte a pris la place, en admettant qu'elle se combine avec un acide d'un sel existant, on pourra calciner un peu du liquide, primitif et les cendres indiqueront potasse, chaux, soude, etc.

La baryte est préférée à toute autre base comme pouvant être éliminée facilement.

Le liquide est-il alcalin, on ajoutera prudemment un peu d'eau acidulée par l'acide sulfurique jusqu'à neutralisation parfaite.

L'acide sulfurique est employé de préférence comme pouvant être éliminé très facilement par la baryte ou un de ses sels.

Le liquide ainsi neutralisé, débarrassé de son albumine s'il en contenait, est placé dans une capsule chauffée au moyen d'un bain-marie ; l'eau du bain-marie ne doit pas arriver jusqu'à l'ébullition, afin de ne pas élever trop la température du liquide contenu dans la capsule.

313.—L'évaporation dure plus ou moins longtemps, suivant la nature et la concentration des liquides ; il est bon d'essayer à côté sur une petite quantité de liquide évaporé dans un verre de montre le degré de concentration. Quelques liquides, diminués des trois quarts de leur volume, ou plus encore, laissent déposer des cristaux par le refroidissement : telle est l'urine ; d'autres demandent que le liquide soit réduit à un très petit volume, et soit abandonné pendant un jour ou deux dans un endroit un peu chaud : tel est le suc de la viande qui laisse se déposer dans ces circonstances des cristaux de créa-

tine. D'autres liquides s'épaississent sans laisser rien cristalliser : tels sont les liquides provenant du sang ou ceux tirés de tissus plus complexes.

L'évaporation des liquides à une température inférieure à celle de l'ébullition constitue donc un des principaux moyens d'analyse : qui dirait cependant qu'une opération aussi simple a exigé beaucoup de temps et beaucoup d'essais, avant d'arriver à être prise en sérieuse considération?

Jusqu'à l'admirable travail de M. Liebig sur les sucs de la viande, recherches qui ont ouvert un champ nouveau à la physiologie en montrant quel rôle la chimie pourrait jouer dans les investigations anatomiques et physiologiques; jusqu'alors, disons-nous, il paraissait à peu près indifférent d'évaporer les liquides animaux à la température de l'ébullition, de les évaporer fussent-ils acides ou alcalins, de faire durer l'évaporation longtemps en ajoutant dans la même capsule du nouveau liquide à celui déjà évaporé. Aussi quel résultat obtenait-on? Combien avait-on pu extraire de principes immédiats des liquides animaux au moyen de semblables procédés? Eh bien, du sein de ce que l'on appelait substances extractives, sorte de mélange odorant et brunâtre, M. Liebig a fait sortir de la créatine, de la créatinine, des lactates, des inosates, toutes substances parfaitement définies, cristallisées et remarquables par leur netteté. Le suc de la viande entraîné par l'eau était acide : la présence d'un acide étant souvent une cause d'altération, celui-ci fut neutralisé par un peu de baryte et la liqueur évaporée à une température inférieure à celle de l'ébullition ; à mesure que la liqueur se concentrait, l'élévation de la température était abaissée. La créatine put cristalliser alors, et tous les autres principes contenus dans le suc de la viande purent être isolés.

L'évaporation du liquide doit donc se faire à une température au-dessous de celle de l'ébullition.

Nous avons vu que par la simple évaporation du liquide une fois neutralisé, il se déposait quelquefois des cristaux ; lorsque cela a lieu, il faut abandonner le liquide pendant

un jour ou deux dans un endroit un peu chaud, puis on peut enlever mécaniquement ces cristaux et étudier leurs caractères soit au microscope, soit par la combustion, soit autrement encore.

Les cristaux que nous avons vus se déposer par simple concentration de la liqueur sont les suivants.

Cristaux qui se déposent par simple concentration de la liqueur :

Créatine, dans le suc de la viande, dans l'urine d'homme, de cheval.

Hippurate de chaux, dans l'urine de cheval.

Urée, dans l'urine de cheval à jeun, dans l'urine de cochon.

Acide urique, dans l'urine d'homme ; rarement.

Urates de soude, de potasse, d'ammoniaque, dans l'urine d'homme.

Chlorure de sodium, dans presque tous les liquides.

Phosphate de soude, acide, neutre, alcalin, dans l'urine.

Phosphate acide de chaux, dans l'urine d'homme.

Le nombre des principes qui peuvent s'obtenir ainsi directement est donc très restreint, et cela dans quelques liquides seulement. Il faut donc recourir à d'autres moyens lorsque l'évaporation ne suffit pas.

Ces procédés varient, d'après la nature des liquides et d'après la nature des principes que l'on veut isoler, et comme nous ne voulons pas faire ici l'histoire de l'analyse des humeurs, mais bien l'histoire des procédés d'isolement des principes immédiats d'une manière générale, nous allons être obligés de partir des principes eux-mêmes, et de décrire les procédés d'extraction qui sont appropriés à chacun d'eux.

Les principes qui peuvent se trouver en dissolution dans les liquides animaux se divisent pour l'analyse en groupes formés par l'analogie de leurs propriétés de dissolution, cristallisation, etc.

Tableau des principes immédiats qui se trouvent à l'état de dissolution dans les liquides des animaux.

Substances coagulables. . .	Albumine, caséine, albuminose, etc., globuline.
Substances cristallisant directement par la concentration du liquide. . . .	Créatine, chlorure de sodium, phosphates alcalins et de chaux, acide urique, urates alcalins, hippurates de chaux, etc., acétate de soude.
Substances ne cristallisant qu'avec l'aide d'alcool. .	Inosate de potasse, phosphate acide de soude, allantoïne, sucre de lait, sulfate de soude, bicarbonate de soude.
Substances ne cristallisant qu'en combinaison avec des substances étrangères ou formant avec celles-ci des combinaisons insolubles.	Urée, créatinine, savons de soude ou de potasse décomposés par un sel de chaux ou un acide, leucine, acides stéarique, oléique, margarique, hyocholate de soude.
Substances devant être séparées par l'alcool ou l'éther.	Acide lactique, acide hippurique, glycocholate de soude, cholestérine, stéarine, margarine, oléine, séroline.
Acides volatils.	Acides butyrique, caprique, etc.

Ces principes se trouvent quelquefois réunis en grand nombre dans le même liquide; dans certaines circonstances, en moins grand nombre; souvent la présence des uns gêne, empêche, l'isolement des autres; d'autres fois, comme dans l'urine, les principes en présence peuvent tous être extraits directement dans la même quantité de liqueur; dans quelques cas, comme pour le sang, il faut diviser le liquide en plusieurs parts, telle substance empêchant l'isolement de telle autre.

En un mot, la diversité des humeurs fait que, pour chaque liquide, il y aura des différences dans le mode d'opérer, différences occasionnées par la diversité des substances en dissolution.

314.— Comme ce n'est pas ici le moment d'étudier chaque humeur séparément, quant au mode d'analyse qui lui est propre, nous allons exposer le mode d'isolement des principes en admettant qu'ils soient tous dissous à la fois dans une même liqueur; il sera facile alors d'appliquer ce procédé général à chaque cas particulier, c'est-à-dire à chaque humeur ou suc qu'on voudrait analyser.

Ce mode d'analyse est du reste celui qu'il faudra employer pour tous les liquides quelconques, car il faut toujours supposer qu'il peut exister tous les principes à la fois dans une humeur; il faut tout aussi bien savoir constater qu'une substance n'existe pas, que de constater sa présence.

Aussi faut-il invariablement faire subir au liquide quelconque qu'on analyse les actions propres à constater l'absence des principes qui pourraient s'y trouver.

Ainsi, en chauffant le liquide, s'il y a de l'albumine ou de la globuline en présence, ces substances se précipiteront, et l'on passera outre; si le liquide reste clair pendant l'évaporation, et qu'il se forme des cristaux, on passera outre après les avoir séparés; si, au contraire, la liqueur s'épaissit, on pensera à de la caséine, à des graisses, et on les éliminera, et ainsi de suite. En procédant ainsi, ce n'est que lorsqu'on rencontre des difficultés, qu'on les éloigne : ainsi, dans l'analyse de l'urine normale, on ira directement jusqu'à la cristallisation.

315. — Le liquide dont nous allons faire l'analyse contient à la fois tous les principes pouvant se trouver en dissolution dans une humeur.

Le liquide est placé dans une capsule sur un bain-marie. Qu'il soit d'un petit volume comme une émission d'urine, ou d'une masse de quelques litres, le procédé sera le même pour l'un et l'autre cas.

Le liquide est neutralisé avec de la baryte, s'il est acide; avec de l'acide sulfurique dilué, s'il est alcalin.

Lorsque la liqueur a atteint le degré de chaleur auquel elle peut parvenir, elle devient trouble, et il se dépose des flocons albumineux. Le liquide est filtré; ce qui reste sur le filtre est de l'*albumine* ou de la *globuline;* si l'on veut s'assurer à laquelle de ces deux substances on a affaire, on prend un peu de la liqueur primitive et on la chauffe dans un tube au bain-marie; on a soin de remarquer au moyen d'un thermomètre à quel degré la coagulation a lieu : si elle a lieu à 65 degrés, *albumine;* si à 80 degrés, *globuline.*

La liqueur, débarrassée de ces substances par la filtration, est replacée dans la capsule sur le bain-marie.

Le liquide, devenu presque sirupeux par la concentration, est abandonné à lui-même pendant vingt-quatre heures dans un endroit un peu chaud. Il se dépose des cristaux. Ces cristaux peuvent être de la *créatine*, de l'*acide urique*, des *urates alcalins*, de l'*hippurate de chaux*, du *chlorure de sodium*, des *phosphates alcalins*, du *phosphate de chaux*.

La première opération consiste à placer un peu du dépôt sous le microscope; en promenant le dépôt placé sur le verre sous le champ du microscope, on verra tout de suite de quelle nature sont les cristaux, s'ils sont tous composés de la même substance, ou bien si le précipité est formé d'un mélange de cristaux. Cet examen préliminaire est indispensable, et il indique à l'instant quelle marche on doit suivre pour arriver à constater d'une manière positive l'identité des principes qui peuvent cristalliser dans ces circonstances.

Si le précipité est uniquement composé de cristaux de *créatine*, cristaux doués d'un aspect particulier, qui les feraient reconnaître même sans leur type cristallin, on les recueille sur un filtre; on les lave avec quelques gouttes d'alcool, puis on les redissout dans un peu d'eau bouillante; ils cristallisent de nouveau et peuvent être étudiés de manière à mettre leur identité hors de doute.

Le précipité est-il composé de *chlorure de sodium*, on fera comme pour la créatine; après avoir été séparé par la filtration, on le redissoudra, et, une fois les cristaux reformés, on étudiera leurs propriétés.

L'examen au microscope indique-t-il de l'*acide urique*, des *urates* ou du *phosphate de chaux*, on opérera comme nous l'avons indiqué en parlant des dépôts qui se rencontrent dans le corps des animaux.

Si le précipité est formé de cristaux en aiguilles assez fortes, groupées pour la plupart autour d'un centre, on pensera à l'*hippurate de chaux*. Le précipité, séparé complétement du liquide, sera redissous dans un peu d'eau bouillante,

à laquelle on ajoutera quelques gouttes d'acide chlorhydrique concentré. Si c'était réellement de l'hippurate de chaux, il se formera, lors du refroidissement de la liqueur, des cristaux d'acide hippurique, qu'il est facile de reconnaître. L'hippurate de chaux ne se précipite dans ces circonstances que lorsqu'il existe en grande masse, comme dans l'urine de cheval.

Le précipité est-il formé de *phosphates de soude* ou *de potasse*, on procédera comme pour la créatine et le chlorure de sodium; l'étude des cristaux une fois purifiés ne présentera aucune difficulté.

Il ne se forme point de cristaux, et le liquide s'épaissit toujours plus.

Cet état de la liqueur peut être dû : 1° à la présence de la caséine, ou de l'albuminose, ou du mucus; 2° à la présence de graisses ou de savons à base de soude ou de potasse.

Pour éliminer la caséine, l'albuminose, ou le mucus, il faut ajouter au liquide concentré de l'alcool à 36 degrés, jusqu'à ce qu'une nouvelle addition d'alcool ne produise plus de précipité; au bout de quelques heures on filtre : la caséine, l'albuminose et le mucus restent sur le filtre.

La liqueur alcoolique est évaporée ou distillée jusqu'à ce que l'alcool ait presque complétement disparu.

Si, par le refroidissement de la liqueur, il se forme un précipité, il sera formé de cholestérine, de séroline, de graisses libres, ou de savons de potasse ou de soude.

316. — Ce phénomène peut paraître étrange. En effet, le liquide primitif était parfaitement limpide, et, avant qu'on eût ajouté de l'alcool, il était impossible d'apercevoir de la graisse, la masse se redissolvait entièrement dans l'eau; et voilà que lorsqu'on ajoute de l'alcool bouillant, et que celui-ci se refroidit, il se dépose des graisses de toute nature, de la séroline, de la cholestérine, toutes substances parfaitement insolubles dans l'eau.

Ceci indique une chose : c'est que, dans les humeurs et les sucs animaux, les graisses, ainsi que d'autres corps insolubles,

sont intimement unies avec certaines autres substances et sont alors solubles dans l'eau : elles sont dans un état analogue ou semblable à celui que présentent la stéarine, la margarine et l'oléine dans le suif.

En effet, il est impossible par des moyens mécaniques de séparer ces trois substances; mais, sitôt qu'on dissout leur mélange dans de l'alcool ou de l'éther, leur union est détruite, et elles se déposent isolées avec leurs caractères respectifs.

C'est ce qui arrive dans l'analyse des liquides animaux : ainsi le sérum du sang, débarrassé de l'albumine et concentré par l'évaporation, est parfaitement limpide; il traverse les filtres, il ne laisse apercevoir au microscope aucun globule de graisse. Ajoute-t-on à chaud de l'alcool au liquide, il se fait une séparation, et lorsqu'on distille cet alcool mélangé à de l'eau, il se dépose des graisses insolubles, de la margarine, de l'oléine, de la cholestérine, etc.

Un autre exemple d'un fait semblable se remarque lorsqu'on coagule à 65 degrés l'albumine du sang défibriné et acidulé par quelques gouttes d'acide acétique. La liqueur séparée du coagulum est rouge, et contient encore toute la matière des globules sanguins, mais à l'état de solution; la liqueur est légèrement acide, et s'il y avait de la graisse libre, on s'en apercevrait aisément. Cependant, si au moyen d'acide chlorhydrique, ou par la coagulation, on précipite la globuline qui entraîne la matière colorante, on pourra reconnaître que le précipité qui s'est formé, et qui était complétement dissous peu avant, cède à l'alcool et à l'éther une masse de graisse cristallisable et de l'oléine, substances ne pouvant plus se redissoudre dans l'eau : l'alcool a ainsi séparé des graisses insolubles qui existaient déjà dans la solution, mais unies à d'autres substances, ce qui rendait possible leur solubilité dans l'eau.

Nous avons laissé notre analyse au point où il se déposait des graisses et des savons. Pour distinguer ces graisses entre

elles et pour en débarrasser complétement la liqueur que nous analysons, nous ajoutons au liquide un peu d'eau acidulée par de l'acide sulfurique; toutes les graisses et les savons se séparent alors complétement du liquide et peuvent être recueillie sur un filtre.

Une fois bien lavé, on mélange le précipité dans une petite capsule avec un peu d'eau de chaux; on évapore le tout au bain-marie jusqu'à siccité : il faut avoir soin qu'il y ait un excès de chaux.

S'il y a des acides gras provenant des savons qui existaient dans le liquide qu'on analyse, ils s'uniront avec la chaux. On pourra traiter la masse par de l'alcool bouillant ou de l'éther, et voir si ces véhicules ont dissous de la cholestérine ou des graisses non saponifiées. Ces graisses seront étudiées comme nous l'avons indiqué à l'article des graisses solides.

Notre liqueur a été ainsi débarrassée : 1° des substances coagulables ; 2° de celles cristallisant par simple concentration de la liqueur ; 3° de matières pour la plupart mal définies, se précipitant par addition d'alcool à 36 degrés ; 4° des graisses et des savons à base de soude ou de potasse.

Si la liqueur a été acidulée par un peu d'acide sulfurique, il faut neutraliser exactement celui-ci par un peu de carbonate de baryte, filtrer, puis continuer l'opération tout comme si aucune des substances que nous venons d'éliminer ne s'était rencontrée dans le liquide.

Il reste encore à isoler l'*urée*, la *créatinine*, l'*acide hippurique*, l'*acétate de soude*, l'*acide lactique*, l'*acide inosique*, l'*acide glycocholique*, la *leucine*, l'*acide pneumique*.

Arrivé à ce point de l'analyse, tous les principes qui restent à isoler se dissolvent dans l'alcool. Cependant chacune de ces substances peut être isolée des autres soit par la cristallisation de la solution alcoolique, soit en les combinant avec des sels minéraux, comme le chlorure de zinc pour la créatinine, et le sulfate de cuivre pour la leucine.

Une description de ces différents procédés se trouverait dé-

placée ici ; ils se retrouveront décrits en détail à l'article *Procédé,* lorsque nous étudierons chacun des principes en particulier.

TROISIÈME SECTION.

MANIÈRE DE DÉTERMINER SI UNE MATIÈRE D'ORIGINE ORGANIQUE DOIT ÊTRE CONSIDÉRÉE COMME UNE ESPÈCE DE PRINCIPES IMMÉDIATS (1).

317. — Les principes immédiats, avons-nous dit, sont les composés que, par l'analyse anatomique, on extrait de la substance organisée d'une manière immédiate, et qu'on ne peut diviser en plusieurs sortes de matières sans qu'il y ait décomposition chimique.

« Mais la plupart des principes immédiats d'origine organique étant presque toujours des composés ternaires ou quaternaires, et leurs éléments ayant une disposition marquée à former des combinaisons plus simples que celles qu'ils constituent actuellement, il est souvent difficile de s'assurer si une *substance d'origine organique* doit être considérée comme une espèce. En effet, les moyens énergiques si propres à dévoiler la nature des matières minérales sont exclus de l'analyse organique immédiate ; et s'il est nécessaire de soumettre la *substance d'origine organique* qu'on examine à l'action de corps susceptibles de s'y combiner, afin de savoir si dans les combinaisons qu'elle produit elle agit en conservant toutes les propriétés qu'elle avait dans la combinaison, il faut que ces corps ne puissent changer l'équilibre des éléments qui la forment. Cette condition limite extrêmement le nombre des réactifs qu'on peut employer : les acides et les alcalis n'étant susceptibles de l'être que quand ils sont étendus d'eau, et leur usage étant alors presque toujours borné au cas où l'on agit sur des principes immédiats doués de l'alcalinité ou de l'acidité, il ne reste guère à notre disposition que l'action du froid, ou plutôt celle de la force de

(1) Chevreul, *Considérations générales sur l'analyse organique,* in-8. Paris, 1824, p. 119.

solidité des substances exposées à des températures plus ou moins basses et l'action dissolvante ou non dissolvante de l'eau, de l'alcool et de l'éther. C'est à l'opérateur à tirer le meilleur parti de ces moyens d'analyse, en variant les circonstances où il place les corps (1). »

318. — Le problème que nous devons résoudre, tel qu'il a été posé pour la première fois par M. Chevreul, embrasse deux ordres de questions :

1° Le corps qu'on vient d'isoler, d'extraire, a-t-il été obtenu tel qu'il était dans la substance organisée, tel qu'il concourait immédiatement à la constituer par son union avec d'autres? ou bien est-ce un composé chimique résultant de la décomposition de quelque principe : comme, par exemple, était la soude libre qu'on croyait principe de la bile, etc., parce qu'on la trouvait dans le résidu de sa combustion qui avait détruit les acides combinés à elle ; comme l'acide chlorhydrique qu'on obtenait du suc gastrique, lorsque par l'évaporation l'acide lactique se trouvait arrivé à un degré de concentration assez grand pour attaquer les chlorures; comme, par exemple, l'acide cholique et le glycocolle, qu'on obtient quand par des moyens trop énergiques on décompose l'acide du choléate de soude de la bile?

2° Le principe est-il une espèce nouvelle de principe immédiat, comme, par exemple, l'acide pneumique découvert dans le poumon par l'un de nous?

319. — La solution de ces deux questions est purement expérimentale.

Toutes deux exigent, pour être résolues, qu'on tienne exactement compte de la connaissance anatomique des tissus et des humeurs dont on les extrait, et, d'autre part, de la connaissance chimique des composés, quand il s'agit d'un principe déjà connu.

(1) Chevreul, *loc. cit.*, 1824, p. 119, 120.

I. — MANIÈRE DE DÉTERMINER SI LE COMPOSÉ OBTENU EST UN PRODUIT DE DÉCOMPOSITION DES PRINCIPES OU EST UN PRINCIPE.

320. — La solution de cette première question est maintenant des plus faciles ; mais pourtant plus ou moins, selon qu'il s'agit de l'une ou de l'autre des trois classes de principes immédiats.

1° L'expérience a montré que les principes de la première classe sont tous très stables ; sauf les bicarbonates faciles du reste à distinguer, leur fixité donc est très grande. Ils se déposent à l'état cristallin, ou s'obtiennent à l'état liquide réellement tels qu'ils étaient dans l'économie, lorsqu'on suit la marche d'analyse anatomique tracée dans la section précédente de cet article. Il en est même plusieurs qui peuvent supporter la combustion des principes qui les accompagnent sans s'altérer, et peuvent encore, après cette opération, être déterminés comme espèce de principe immédiat. Par conséquent, tout corps isolé de la manière indiquée plus haut sera considéré comme principe immédiat. Il n'y aura plus qu'à en étudier les caractères pour les distinguer de ceux qui ont été isolés en même temps, et à décrire ces caractères dans l'ordre indiqué dans l'article suivant.

2° Ce qui précède s'applique également à la plupart des principes de la deuxième classe, comme les urates, hippurates, etc. Mais cependant pour quelques uns d'entre eux, tels que l'acide hippurique, le pneumique, les choléates, les acides gras, les sels à acides gras, la stéarine, la margarine, etc., ce n'est quelquefois qu'en répétant à plusieurs reprises l'application des procédés d'analyse que nous avons décrits, et d'après la constance du résultat, que l'on acquiert la certitude qu'il s'agit bien là d'un principe immédiat, et non d'un produit de décomposition. Du reste, il faut savoir que la connaissance des caractères des composés chimiques qu'on peut obtenir en décomposant tels ou tels principes est ici de la plus grande utilité et même nécessaire ; car, à la vue

du corps obtenu, il faut pouvoir reconnaître s'il est un principe ou un des produits de la décomposition chimique de telle ou telle espèce.

Nous n'avons pas besoin de rappeler que nul corps n'est considéré comme espèce de principe immédiat des deux premières classes, s'il n'est obtenu cristallisé. Il y a pourtant deux ou trois exceptions. Il en est où le composé peut former des espèces chimiques cristallisables avec des bases ou des acides, selon sa nature : tel est le cas de l'acide lactique; de l'urate d'ammoniaque neutre, qui ne cristallise que confusément et cristallise en aiguilles à l'état d'urate acide. Il est enfin des cas où le corps, quoique de composition chimique définie, ne cristallise pas : tels sont le phosphate de chaux basique et le sulfate de chaux des urines; alors c'est par l'emploi des réactifs chimiques appropriés, et par l'impossibilité de séparer de l'échantillon sans décomposition moléculaire deux espèces cristallisables, qu'on détermine ces espèces.

Quant aux mélanges non cristallisables de plusieurs sortes de principes de la deuxième classe, appelés extraits, suifs, huiles, extraits graisseux, etc., qu'on pourrait confondre avec des espèces de la troisième, on déterminera que ce ne sont pas de ces dernières, en les divisant, sans décomposition, en plusieurs espèces, d'après les procédés indiqués plus haut, c'est-à-dire en tirant le meilleur parti possible des dissolvants divers. Les espèces de principes de la troisième classe, qui naturellement ne cristallisent pas, présentent des caractères de coagulation par la chaleur, par divers acides, divers sels, et après coagulation, des caractères d'insolubilité ou de solubilité dans tel ou tel menstrue, trop spéciaux pour qu'on ait à hésiter longtemps sur la question de savoir si ce sont des mélanges dont nous venons de parler, ou bien réellement des espèces de *substances organiques*.

En outre, plus on a fait d'analyses anatomiques, plus, en un mot, on a d'expérience de par soi, plus on est certain du résultat obtenu, lors même qu'il s'agit d'un principe que l'on

n'a pas encore étudié, parce qu'on est plus sûr d'avoir appliqué assez exactement le procédé avec toute la rigoureuse délicatesse nécessaire. On en conclut que lorsqu'il s'agit d'extraire les principes d'un tissu ou d'une humeur morbides, dont on n'a que fort peu ou rarement traité, il faut s'adresser à ceux qui ont déjà fait souvent des analyses de parties analogues.

Il n'y a, dans aucun tissu ou humeur, de principe qui soit formé par la combinaison de deux principes immédiats se trouvant l'un dans une humeur, l'autre dans une autre; donc nous n'avons pas à chercher à décomposer en deux un corps cristallisé quelconque une fois qu'il est obtenu, pour savoir si celui-ci ne serait pas une combinaison de deux espèces, au lieu d'en former une à lui seul. Il y a bien des acides lactique, urique et hippurique libres, et d'autre part des lactates, urates, etc.; mais, comme on ne trouve que des carbonates, etc., de leurs bases, et non ces bases libres formant elles-mêmes des *espèces* de principes, on voit que la question est telle que nous venons de la résoudre et nullement plus compliquée.

3° C'est surtout pour savoir si un des corps de la troisième classe doit être considéré réellement comme une espèce de principes, que la connaissance anatomique approfondie des tissus et humeurs dont on l'extrait devient nécessaire.

Ces principes ne se distinguent les uns des autres que par le degré de l'échelle thermométrique où ils se coagulent, ou parce que tel acide ou sel, etc., précipite celui-là et non cet autre. D'autre part, la facilité avec laquelle ces corps se décomposent à l'air, surtout quand la température est élevée, doit rendre très circonspect sur la question de savoir si c'est une espèce nouvelle ou un simple produit d'altération, comme la gélatine, qu'on a obtenu. C'est surtout par l'emploi des sels neutres comme réactifs coagulant ou ne coagulant pas, et sur des expériences répétées souvent, ou sur des échantillons nombreux donnant les mêmes résultats, que l'on arrivera à décider que c'est bien là un principe im-

médiat. Enfin, on sait aussi que si les tissus et les humeurs différents ont toujours dans leur constitution un peu de fibrine et d'albumine, ils ont aussi presque tous chacun une espèce de principe de la même classe qui leur est propre. Ce fait doit diriger dans l'étude de ces principes et faciliter la détermination. Seulement c'est pour ne pas multiplier les espèces qu'il importe de tenir compte de la facile altérabilité de ces corps. La connaissance des autres parties de l'anatomie et de la physiologie doit aussi dominer ici pour faire toujours songer à prendre en considération les variations normales ou morbides du tissu ou de l'humeur. L'expérience montre, en effet, que la quantité de ces principes varie facilement, que quelques caractères secondaires peuvent être plus ou moins évidents, disparaître même, tandis que les principaux persistent. Il faut dire enfin qu'il est peu d'espèces de ces principes qui soient bien étudiées, et que l'étude de cette classe demande à être reprise.

II. — MANIÈRE DE DÉTERMINER SI LE COMPOSÉ OBTENU EST UNE ESPÈCE NOUVELLE DE PRINCIPES IMMÉDIATS.

321. — Cette question, qui est bien distincte de la précédente, est ordinairement facile à résoudre quand on a donné la solution de la première; quand on a déterminé que le composé obtenu est un principe, et non pas un produit de décomposition ni un mélange.

1° Une fois reconnu que le corps est un principe de la première classe, il ne s'agit plus que d'étudier les différents ordres de caractères qu'il présente après son extraction, et de les comparer à ceux des autres principes, pour bien s'assurer que c'est une espèce nouvelle et non une de celles déjà connues. Il faut ensuite comparer ces caractères à ceux des espèces de composés chimiques déjà connues, pour savoir avec laquelle ce principe immédiat est identique. Il faut même, au besoin, en faire l'analyse élémentaire.

2° Une fois reconnu par la manière dont il brûle, etc., que

le corps isolé est un principe de la deuxième classe, on procède comme précédemment. Ici l'étude des formes cristallines est peut-être plus utile encore que dans le cas où il s'agit d'une espèce de la première classe, à cause des différences plus tranchées que présentent les cristaux ou les groupements cristallins suivant chaque espèce. Quelquefois, dès le premier coup d'œil, on reconnaît que le principe obtenu est une espèce nouvelle. C'est en raison de l'importance qu'il y a à distinguer rapidement les principes les uns des autres d'après les caractères qu'ils présentent, une fois qu'ils sont isolés, qu'ils sont hors de l'économie, que nous allons étudier ceux-ci longuement et méthodiquement dans l'article suivant.

Naturellement, il importe de comparer le principe qu'on soupçonne nouveau à d'autres, en le plaçant dans diverses conditions de cristallisation, afin de voir si quelquefois ce n'est pas là une simple variété de groupements cristallins, etc. Si le principe obtenu est déjà connu chimiquement, il est bon d'étudier comparativement, soit physiquement, soit au point de vue des réactions chimiques, le composé qu'on a retiré de l'économie, et le même composé préparé comme on le fait en chimie. C'est ce qui a été fait pour la leucine. Si c'est un composé qui est nouveau, à la fois au point de vue anatomique et au point de vue chimique, il faut, après qu'il a été extrait, l'étudier chimiquement (analyse élémentaire, propriétés diverses au contact des réactifs, etc.), pour reprendre ensuite son histoire anatomique d'une manière plus approfondie.

3° Une fois reconnu qu'un composé non cristallisable n'est pas un mélange de divers principes, un *extrait*, on le déterminera comme espèce nouvelle, lorsqu'on aura reconnu par des essais faits comparativement avec toutes les autres espèces de cette classe, essais fréquemment répétés, qu'il diffère des espèces par sa coagulation à une température plus ou moins élevée, etc., parce qu'il précipite ou ne précipite pas avec tel ou tel réactif, etc. D'après ce qu'on sait de

l'étude des principes immédiats de cette classe, on peut prévoir que le nombre en est plus limité que celui des autres groupes ; mais il est bien certain qu'il y en a encore à découvrir, car nous l'avons déjà dit, l'étude des *substances organiques* est peu avancée, et l'on sait d'autre part que dans chaque espèce de tissu il y a aussi une espèce particulière de ces principes. Comme on n'a pas encore fait sous ce point de vue l'analyse anatomique de tous les tissus, il reste donc probablement des espèces nouvelles à décrire. Nous l'avons déjà dit, le point de vue anatomique et physiologique doit dominer ici plus encore que dans l'étude des espèces des autres classes, et lui seul conduit à donner la circonspection qu'il est nécessaire d'apporter dans ces déterminations, lui seul peut donner une impulsion suffisante pour faire répéter sous tous les points de vue les expériences qui conduisent à rendre valables et certaines ces déterminations.

322. — Il ne nous reste plus maintenant qu'à étudier, d'une manière aussi approfondie que l'exige l'anatomie, les caractères à l'aide desquels on distingue les uns des autres les espèces de principes qu'on a extraites, et aussi ceux qui nous servent à bien connaître l'état des principes considérés dans l'économie, tels que nous les avons étudiés dans le premier chapitre.

ARTICLE II.

DES CARACTÈRES A L'AIDE DESQUELS ON DISTINGUE LES UNES DES AUTRES LES ESPÈCES DE PRINCIPES IMMÉDIATS PENDANT OU APRÈS LEUR EXTRACTION, ET DES MOYENS QUI NOUS LES FONT CONNAITRE.

Division du sujet de cet article.

323. — Nous venons de décrire, pour les principes immédiats, l'opération qui correspond à la *dissection* dans l'étude des autres parties du corps, telles que les éléments anatomiques : tissus, systèmes, organes, etc. La dissection faite, tout n'est pas fait. Pour les éléments anatomiques, il est d'abord

nécessaire d'interposer le microscope entre eux et l'œil, afin qu'il soit possible de les apercevoir. Cela fait, pour ceux-ci et la seule dissection faite pour les autres parties du corps, les yeux suffisent pour étudier la forme et les dimensions de l'appareil, de l'organe, etc., ainsi que leur couleur; la main en fait connaître la consistance, l'élasticité et autres caractères physiques; pour les éléments et humeurs seulement, l'action chimique décomposante de la chaleur et celle de quelques réactifs sont utiles; puis interviennent les organes du goût et de l'odorat, etc., pour faire connaître les caractères organoleptiques. Enfin, comme chemin faisant, on constate que l'appareil, l'organe, le système, le tissu, l'élément, sont des parties complexes, formées d'autres parties plus simples, différentes du tout qu'elles forment, et nécessitant chacune un examen à part, cette étude conduit à reconnaître l'organisation, composition ou structure de ces ordres de parties de l'économie; en un mot, cette étude a et doit avoir pour résultat final de faire connaître les caractères dits d'ordre organique, c'est-à-dire différents de ceux que nous venons de passer en revue. Bien que naturellement l'emploi de ces moyens successifs d'étude ait lieu en pratique, souvent, au fur et à mesure de la dissection, on est pourtant forcé d'en faire une description distincte de celle des moyens de dissection, parce que ces deux choses sont réellement différentes, quoique contiguës, liées l'une à l'autre et fréquemment d'un usage simultané.

324. — L'examen des principes immédiats reproduit les mêmes faits, mais avec certaines particularités en rapport avec leur simplicité, qui est plus grande que celle de toutes les autres parties de l'organisme : particularités que nous allons maintenant examiner.

En anatomie des éléments, tissus, systèmes, organes, etc., après la dissection, les caractères sont constatés de la manière que nous venons d'indiquer, et sur place, et même sur le cadavre en général; parce que, lorsque l'organe, ou les fibres, les cellules, etc., sont isolées des autres, elles ne

changent ni de forme ni d'état; elles ne passent ni de l'état liquide à l'état solide ou gazeux, et la réciproque n'a pas lieu non plus. Ces parties du corps conservent, en un mot, après dissection, les caractères qu'elles avaient dans l'organisme, à fort peu de chose près du moins; et à si peu, qu'on doit n'en pas tenir compte ici. Par conséquent, une fois les caractères ci-dessus étudiés, il suffit de comparer la forme, le volume, la consistance de l'organe ou de la fibre, aux caractères de même ordre d'un autre organe ou fibre déjà connus, pour savoir s'ils sont de même espèce ou d'espèce différente.

Mais dans l'extraction (dissection) des principes, au moment où on les sépare des autres espèces, au moment où ils cessent d'être unis à ceux qui, avec eux, forment la substance du corps, ils changent d'état. De cet état généralement amorphe, demi-solide ou liquide que présentent les principes immédiats réunis en une substance organisée, ils passent à l'état solide plus ou moins consistant (sauf l'eau et l'oléine). Dans tous les cas, ils éprouvent à ce moment un changement soit de forme, de consistance, de couleur, etc., que ne présentent pas les appareils, organes, systèmes, tissus et fibres, tubes et cellules. Ils passent d'un état statique particulier, dit anatomique ou organique, à un autre état statique plus général, à l'état physico-chimique ou inorganique, fixe et stable à l'égal d'un composé chimique quelconque. Ils passent donc de l'état organique ou anatomique à l'état inorganique.

Ce changement d'état des principes à l'instant de leur isolement est un exemple unique, que ne présente aucune des autres catégories de parties du corps. Il résulte de là une distinction très délicate, mais très réelle, dans la manière de distinguer les espèces de principes immédiats les unes des autres. On ne peut pas, comme on le fait avec les muscles, le système osseux, le tissu nerveux ou les cellules épithéliales, les distinguer à l'aide des caractères de dimensions superficielles ou cubiques, de consistance, de couleur, etc., qu'ils présentent normalement dans l'économie. On ne le peut pas, parce qu'ils

sont unis les uns avec les autres de manière à être pour la plupart à l'état amorphe et demi-solide ou liquide, soit par dissolution, soit directement. Mais, par suite du changement d'état dont nous venons de parler, par suite de leur passage à un état purement physico-chimique, on peut les distinguer à l'aide de leurs caractères géométriques, physiques et chimiques, qu'ils prennent alors. Mais comme on sait qu'en changeant d'état ils passent à l'état de corps inorganiques, à l'état de composés déjà étudiés en chimie (du moins ils sont censés l'avoir été), leur examen propre et différentiel ou comparatif se trouve singulièrement abrégé et facilité.

Du reste, à cet égard, se présentent aussitôt deux cas particuliers : l'un, relatif aux principes cristallisables ; l'autre, à ceux qui ne le sont pas, et sont appelés *substances organiques*. C'est encore un fait sans analogue dans l'étude des autres ordres de parties du corps, fait qui ne se présente que dans l'étude des principes immédiats et sur lequel nous devons donner quelques détails. Mais, dans ce changement d'état des principes conduisant d'une part à tirer parti de leur histoire chimique, pour en distinguer les espèces les unes des autres ; puis, conduisant en second lieu à procéder autrement pour ceux qui ne sont pas cristallisables que pour les autres, il n'y a rien qui doive étonner, quand on se rappelle que nous sommes censés descendre des parties les plus complexes du corps vers les plus simples, quand on se rappelle, en un mot, quel est le rôle rempli dans l'organisme par les principes. C'est ce qu'il importe de faire sentir en quelques mots, avant d'entrer dans plus de détails.

325. — Si donc nous sommes obligés de recourir aux caractères que présentent les principes ramenés à l'état physico-chimique, pour les distinguer les uns des autres, au lieu de tirer parti de ceux qu'ils ont dans l'organisme, comme on le fait pour les autres catégories de parties, il n'y a rien là de choquant. Cette particularité des procédés est entraînée nécessairement par la nature particulière des corps qu'on étudie, elle est déterminée d'après elle ; c'est sur cette nature

qu'elle repose : elle est, comme toujours, en rapport avec elle en tous points.

Aussi avons-nous remarqué que jamais l'histoire des principes immédiats n'était bien comprise de ceux qui n'avaient pas bien saisi que cette particularité dans les procédés est à la fois inévitable et indispensable. Réciproquement, jamais ce point n'est bien compris de ceux qui ne se sont pas pénétrés de ce que c'est que le principe immédiat au point de vue anatomique, en tant que partie du corps, c'est-à-dire présentant dans l'économie des caractères de même ordre que ceux des appareils, organes, systèmes, etc., mais ne pouvant pas être *disséqués*, préparés, ni distingués les uns des autres par les mêmes moyens.

Dans l'étude des principes immédiats considérés en général, nous avons fait remarquer que l'état liquide ou demi-solide du plus grand nombre des principes, que, de plus, la réunion d'un très grand nombre d'espèces ensemble, sont des conditions de leur existence dans l'économie, quand on les considère en eux-mêmes ; et réciproquement, que ce sont là des conditions d'existence de la matière organisée. On ne saurait, en effet, concevoir de la matière vivante formée de principes à l'état cristallin, ou bien formée comme les terres, les sables ou la plupart des roches, de composés amorphes, mais tous solides, grenus et simplement imbibés d'eau par capillarité. Or, comment distinguer physiquement des espèces nombreuses ainsi réunies en proportions variables incessamment et amorphes, quand on les considère chacune isolément? Comment faire quand, ayant divisé le corps en appareils, organes, systèmes, tissus et humeurs, puis en éléments anatomiques, il ne reste plus rien à diviser davantage que la substance des humeurs et celle des *éléments anatomiques?*

Il faut séparer les unes des autres les espèces formant cette substance, comme on sépare les éléments, ou les tissus les uns des autres. Cette séparation, vu la grande simplicité immédiate et élémentaire des espèces, les ramène pour la plupart à

l'état cristallin, à l'état de composés chimiques ; les moyens d'examen et de distinction des espèces les unes des autres, comme ceux d'extraction, ne peuvent donc pas ne pas être analogues à ceux qu'on emploie en chimie. Mais n'allez pas croire que ce soit ce point de contact dans les moyens qui doive déterminer la manière d'étudier les principes et faire commencer leur histoire par celle de leurs caractères chimiques, pour arriver de là jusqu'à l'étude de leurs caractères considérés dans l'économie. Ce serait vouloir prendre la chose à l'opposé de ce qu'elle est ; ce serait vouloir faire de l'anatomie une suite, un appendice de la chimie, en faisant ainsi de l'histoire anatomique des principes un appendice de leur étude chimique. Ce serait enfin prendre pour base de détermination des attributions scientifiques les moyens d'étude, tandis que c'est, au contraire, la nature des objets et des phénomènes étudiés qui doit déterminer quels sont les procédés à suivre. Du reste, nous avons suffisamment traité ce point dans les articles II, III et IV des prolégomènes et dans l'article précédent, pour ne pas être obligés d'y revenir.

En envisageant l'étude des principes immédiats au point de vue anatomique, la question de savoir ce qu'il faut faire pour les extraire, et après qu'ils sont extraits, prend la plus grande netteté. Elle fait même comprendre plus nettement la stœchiologie. C'est là un exemple qui fait sentir comment l'étude des procédés réagit sur les études purement scientifiques en donnant plus de netteté et de relief au côté théorique, quand celui-ci est exact. Si alors ce dernier inspire et détermine la nature des procédés, ceux-ci viennent à leur tour fortifier le côté scientifique en lui donnant plus de précision.

Examinons maintenant séparément ce qu'il y a à faire pour distinguer l'une de l'autre les espèces de principes cristallisables d'une part, et les espèces de *substances organiques* de l'autre, lorsqu'une fois ces corps sont extraits de l'organisme.

326. — Ainsi donc pour les principes cristallisables ou volatils sans décomposition : Aussitôt cristallisé, le principe est un composé chimique ; il ne fait plus partie normale de l'organisme

et l'on ne peut le faire retourner à l'état dont il sort par des procédés chimiques, il faut qu'il soit réintroduit dans les voies digestives. Dès qu'on est assuré, d'après les précautions indiquées dans l'article précédent, que le corps a été retiré avec la composition qu'il avait dans l'organisme, la distinction spécifique de ce corps d'avec les autres qui l'accompagnent est très simplifiée, puisque nous supposons connue la chimie : puisque nous supposons ce corps connu au point de vue chimique, au même titre que tout composé cristallisé déjà décrit.

En théorie, il semble qu'il ne doit plus y avoir qu'à renvoyer aux traités de chimie, pour apprendre à savoir comment on distingue ce composé (sulfate, créatine, urate, etc.) des autres composés qui peuvent lui ressembler ; il semble que la chose est extrêmement simple, puisque nous pouvons tirer parti, pour distinguer cette espèce de toute autre, de ses caractères chimiques même, en vertu de ce principe logique et expérimental, que : toute science qui en précède une autre dans l'ordre hiérarchique de nos connaissances peut être transformée en procédés d'étude pour celle qui la suit. Il semble que tout peut se borner à peu près à l'extraction (ou dissection) de ce principe. Mais en pratique, quoique, par suite de ce retour à l'état inorganique, *la distinction des espèces de principes devienne réellement plus facile que ne l'est celle des espèces d'éléments anatomiques, de tissus et d'humeurs même*, il est pourtant des faits dont le chimiste n'a pas ou presque pas à tenir compte et que l'anatomiste est forcé de prendre en considération : ce sont eux dont nous devons parler dans cet article. Il s'agit de certaines particularités de forme, de couleur, etc., que présentent les cristaux des espèces que l'anatomiste isole ; il s'agit aussi de quelques moyens particuliers qu'il emploie pour les constater.

Nous en traiterons dans le même *ordre* que s'il s'agissait de faire l'étude chimique complète de ces corps, parce que nous aurons quelquefois à combler des lacunes pour comprendre le sujet qui nous occupe.

N'oublions pas que l'*emploi de ces caractères physico-chi-*

miques des principes cristallisés pour distinguer les espèces les unes des autres, et que l'usage *des instruments qui les font voir*, ont lieu en pratique au fur et à mesure de l'extraction. Ils en font en quelque sorte partie ; mais on est pourtant forcé d'en faire une description distincte de celle des moyens de dissection, parce que ces deux choses sont au fond différentes, quoique habituellement d'un emploi simultané et réciproquement complémentaire.

327. — Quant aux *substances organiques* ou principes qui ne cristallisent jamais, nous verrons cette particularité qui leur est propre : c'est que tout en n'ayant aucune face de leur histoire qui soit tout à fait chimique, parce qu'ils ne cristallisent pas, et ne sont pas des composés chimiques définis, ils changent pourtant d'état quand on les extrait. Pas plus que pour les autres principes, on ne peut tirer parti, pour en distinguer les espèces, des caractères qu'elles présentent dans l'organisme ; on est obligé comme pour les autres principes immédiats, de mettre à profit les caractères physico-chimiques qu'elles prennent au moment où elles changent d'état. Mais comme elles ne cristallisent pas, comme (fait corrélatif) elles ont une composition élémentaire non définie quant aux proportions, et peu stable, ces caractères qu'elles ont hors de l'économie varient bien plus facilement et plus profondément que ceux des espèces cristallisables. Par suite, leur distinction en espèces est plus difficile que celle de ces dernières, parce qu'elle est moins précise ; mais elle est tout aussi positive.

328.— Dès qu'on quitte les principes immédiats, dès qu'on arrive aux fibres, cellules, aux éléments, en un mot, etc., il n'y a plus guère, pour distinguer les espèces, que les caractères qu'ils présentent dans l'organisme et quelques réactions chimiques qu'on obtient au dehors, parce que ces corps ne changent pas d'état lorsqu'on les retire de l'être où ils étaient. Aussi plus de circonstances encore peuvent les faire varier, osciller, si l'on peut dire ainsi, entre certaines limites ; en sorte que leur destination en espèces, quoique toujours

possible, est plus difficile encore que celle des substances organiques, parce qu'elle est moins précise ; mais elle est tout aussi positive et très certaine.

Si donc les *substances organiques*, quoique non cristallisables et de composition chimique presque aussi peu stable que celle des éléments anatomiques, peuvent encore offrir des caractères physico-chimiques d'espèce, hors de l'économie, comme les autres principes, cela tient à ce que, comme eux, elles ont la propriété de changer plus ou moins d'état quand on les sépare des principes avec lesquels elles étaient unies pour former la substance organisée. C'est là un fait purement expérimental, entièrement enseigné par l'expérience, qui aurait pu être tout autre, mais qui est ainsi ; et la distinction des espèces est d'autant plus facile que ce changement d'état est plus considérable, parce qu'alors le principe se rapproche d'autant des caractères de ceux qui sont cristallisables, quoique sans jamais pouvoir être confondu avec eux.

Les substances organiques ont donc ce fait de commun avec les autres principes immédiats : de changer d'état lorsqu'on les sépare de ceux auxquels ils étaient unis ; et cela empêche de les confondre avec les autres catégories de parties de l'organisme ; cela les rapproche, du reste, des principes, les maintient parmi eux, mais pourtant leur non-cristallisation en fait une classe distincte des deux premières.

En sens inverse, les substances organiques partagent avec les autres ordres de parties constituantes du corps (fibres, tubes, cellules, etc.) la propriété de ne pas cristalliser quand on les extrait de l'organisme, ce qui les rapproche bien plus du groupe des éléments, tissus, etc., que les autres principes immédiats. Comme pourtant elles changent d'état, ce qui n'a pas lieu pour les organes, systèmes, tissus et éléments anatomiques, on ne peut les confondre avec ces ordres de parties-là ; mais ceci doit les faire ranger, parmi les principes immédiats, en une classe particulière dont les espèces ont pour propriété principale de ne pas cristalliser, etc.

329. — Malgré la liaison de cet article avec le précédent, nous sommes cependant forcés de le diviser encore en deux sections : la *première section* traite de l'emploi des caractères physico-chimiques des principes immédiats pour distinguer les espèces les unes des autres ; la *seconde section* traite de l'emploi des instruments qui nous permettent de constater ces caractères, et de leur reproduction par le dessin. Malgré la connexité de ces deux parties du sujet, les développements quelquefois assez étendus que nécessite la première nous forcent d'en séparer la seconde ; sans cela celle-ci serait perdue dans l'autre, et y jetterait de la confusion.

PREMIÈRE SECTION.

ÉTUDE DES CARACTÈRES QUI FONT DISTINGUER LES ESPÈCES DE PRINCIPES LES UNES DES AUTRES PENDANT OU APRÈS LEUR EXTRACTION.

330. — Une fois un principe immédiat retiré de l'économie, on s'occupe de chercher à le distinguer de tous ceux qui l'accompagnent. Comme la plupart sont des composés définis, on voit facilement d'avance que la manière de les distinguer est la même qu'en chimie. En effet, les principes immédiats des deux premières classes, retirés de l'économie, sont devenus des espèces chimiques ; aussi, pour les distinguer les unes des autres, on opère comme on le fait en chimie, à part les particularités qu'apporte dans les procédés la petite quantité de substance obtenue. Mais les caractères distinctifs de l'espèce sont toujours tirés des mêmes caractères qu'on étudie en chimie sur ces corps-là. Les uns sont tirés de leurs formes cristallines, les autres de leur couleur, d'autres enfin de leur solubilité, de leurs réactions chimiques, et de leur saveur ou odeur. Nous pouvons ici tirer parti, pour distinguer ces composés les uns des autres, de leurs caractères chimiques, car toute science qui en précède une autre dans l'ordre hiérarchique de nos connaissances peut être transformée en procédés d'étude pour celle qui la suit. Mais nous ne pouvons pas tirer parti des caractères qu'ils présentent dans l'économie ; de leurs caractères anatomiques, en un mot, tels que

leur situation dans tel ou tel tissu, leur état liquide par dissolution, etc.

Ce sont, en effet, précisément là les caractères que nous voulons apprendre à connaître, en cherchant dans chaque humeur ou tissu combien on en peut extraire anatomiquement de corps distinctifs par la forme de leurs cristaux, leur couleur, leur solubilité, leurs réactions chimiques, leur saveur ou odeur.

Sachant déjà tout ce que présentent de général, c'est-à-dire de commun, les principes immédiats considérés tels qu'ils se trouvent dans l'organisme; sachant aussi comment on les retire des différentes régions de celui-ci, comment on parvient à les isoler de ceux qui les accompagnent (art. Ier, 2e section de ce chapitre), nous devons maintenant voir par quels procédés on arrive à connaître cette forme cristalline, cette couleur, et les autres caractères distinctifs des espèces.

Ce sont les mêmes procédés qu'on emploie en chimie, mais un peu modifiés pour être appropriés aux conditions particulières dans lesquelles se trouvent les corps dont il s'agit; savoir, leur petite quantité, quelquefois leur mélange avec d'autres : dans les cas, par exemple, où la distinction peut être établie d'après la forme seulement des cristaux, sans qu'il soit nécessaire que le principe soit absolument seul dans le liquide où il a cristallisé.

Dans l'énumération de ces procédés, nous suivrons l'ordre dans lequel se trouvent naturellement les caractères distinctifs qu'ils servent à étudier ; savoir, d'abord les caractères d'ordre mathématique, ceux d'ordre physique, etc. Si, en chimie, les caractères qu'on étudie sur chaque espèce de composé se trouvaient examinés dans cet ordre rationnel, nous aurions, à propos de principes cristallisables, à indiquer seulement les modifications des procédés d'étude auxquels nous venons de faire allusion. Mais il n'en est pas toujours ainsi, en sorte que plusieurs particularités relatives à chacun de ces ordres de caractères sont omises ; nous serons par conséquent

obligés d'en parler, ainsi que nous l'avons déjà dit plus haut. C'est un empiétement, ou, si l'on veut, un retour vers la chimie, mais nous ne le ferons qu'autant que nous y serons obligés, soit pour réparer quelque vice de méthode des livres auxquels nous pourrions renvoyer, soit pour combler quelque lacune.

I. — ÉTUDE DES CARACTÈRES D'ORDRE MATHÉMATIQUE DONT ON TIRE PARTI POUR DISTINGUER LES UNS DES AUTRES LES PRINCIPES IMMÉDIATS QU'ON EXTRAIT DE L'ORGANISME.

331. — On comprend facilement que tous les caractères de cet ordre ne peuvent pas être utiles pour distinguer les principes immédiats les uns des autres. Tels sont leur *situation* et leur *volume*. Ce n'est qu'à partir des éléments anatomiques que nous verrons chaque individu, parmi les divers ordres de parties de l'organisme, présenter une situation et un volume déterminés, ne variant que dans des limites restreintes et pouvant servir à distinguer ceux qu'on ne connaît pas encore de ceux qui sont déjà connus.

1. — Caractères distinctifs des principes immédiats tirés de leur volume.

332. — Tels que nous les isolons par l'analyse anatomique des tissus et des humeurs, les principes immédiats sont généralement cristallisés, et leurs cristaux présentent des dimensions qui varient d'après un grand nombre de causes purement physiques. Ainsi, lorsqu'ils se forment lentement, ils ont un volume assez grand, et si le liquide dans lequel ils se déposent est abondant, on peut, avec le temps, obtenir des cristaux dont les facettes sont visibles à l'œil nu. Ce fait est rare, mais la créatine extraite des muscles, le sel marin tiré du sang, en offrent des exemples. Si, au contraire, le dépôt se fait rapidement, quel que soit du reste le principe, les cristaux sont toujours de petit volume, et l'on ne voit à l'œil nu que les groupes résultant de leur accumulation les uns sur les autres. Mais ceux qui restent isolés, flottants dans les liquides ou adhérents aux parois du vase, sont invisibles à l'œil nu. Le microscope dès lors devient indispensable pour voir ceux-ci et étudier la forme des uns et des autres.

Très souvent on n'a affaire qu'à une petite quantité de liquide contenant de minimes proportions d'un ou de plusieurs principes ; dès lors, quelles que soient la lenteur ou la rapidité de la cristallisation, de nouvelles couches de substances ne venant pas s'ajouter au premier dépôt cristallin formé, les cristaux restent toujours petits.

Il est rare, du reste, que lors même qu'on a obtenu de grandes quantités d'un principe immédiat, les cristaux ne soient pas petits et n'exigent pas au moins les pouvoirs amplifiants les plus faibles du microscope, tels que ceux de 40 à 200 diamètres, pour être étudiés. C'est, en effet, presque toujours à l'aide du microscope qu'on apprécie exactement le volume absolu ou comparatif des cristaux que fournit chaque espèce de principes immédiats. Du reste, les causes qui le font varier sont si nombreuses, qu'on n'en tire que rarement parti pour distinguer les espèces les unes des autres ; on se contente, en général, de les comparer approximativement, sans être obligé de recourir à des mesures micrométriques. Celles-ci se prennent pour ces corps de la même manière que pour tous les autres qu'on étudie au microscope (1).

Chaque cristal d'un principe immédiat représente, il est vrai, un individu de l'espèce, en sorte qu'on pourrait être porté à prendre les cristaux pour type de la description et en donner le volume ; mais comme la forme cristalline n'est qu'un cas particulier dans l'existence de chaque espèce de composé défini, et que chaque parcelle, même amorphe, jouit de toutes les propriétés fondamentales et caractéristiques de l'espèce, on voit que dans les cristaux la considération de la forme domine celle du volume, qu'on peut faire varier à volonté. La forme est, du reste, le seul caractère d'ordre mathématique dont nous puissions tirer parti pour distinguer les espèces les unes des autres.

(1) Voyez CH. ROBIN, *Du microscope et des injections*, 1re partie, p. 151. Paris, 1849, in-8°.

2. — Caractères distinctifs des principes immédiats tirés de leur forme.

333. — Il est à peu près inutile de faire observer que l'on ne peut tirer parti de la forme que prend chaque principe immédiat isolé et retiré de l'organisme qu'autant que ce principe est cristallisable. Les substances organiques, pouvant prendre toute espèce de formes et des formes qui ne sont soumises à aucune loi, ne peuvent être distinguées les unes des autres que d'après les caractères que nous étudierons plus loin. Mais dès à présent c'est le lieu de signaler, pour n'y plus revenir, un fait important qui découle naturellement de ceux qui précèdent. Toutes les fois qu'un principe qu'on a isolé ne cristallise pas dans les conditions où les composés les plus rebelles à le faire se prennent en cristaux, cela suffit déjà pour le distinguer aussitôt des composés définis des deux premières classes et le ranger dans celle des substances organiques. D'autres caractères qui seront étudiés plus loin serviront ensuite à faire distinguer cet échantillon des individus des autres espèces de substances organiques. Il est, du reste, peut-être inutile de faire remarquer qu'en pratique les derniers caractères auxquels nous venons de faire allusion, relativement aux substances organiques, sont les premiers et les plus faciles à constater; de plus, ils sont tellement nets qu'il est rare qu'on soit obligé d'en venir jusqu'à essayer de la cristallisation ou non-cristallisation.

A. Cristallographie des composés définis, extraits de l'organisme.

334. — La chimie est, comme on sait, la science ou encore celui des six termes de la hiérarchie des connaissances humaines dans laquelle on *étudie les lois des phénomènes de composition et de décomposition qui résultent de l'action moléculaire et spécifique des diverses substances naturelles ou artificielles les unes sur les autres.*

Dans tout traité de chimie rationnellement fait, il faut donc procéder à l'étude des corps sans se préoccuper de savoir s'ils sont d'origine minérale ou organique, ou s'ils sont de

formation artificielle ; c'est-à-dire s'ils ont été formés par des procédés de laboratoire au lieu des procédés naturels du règne minéral ou du règne organique.

Ce fait a une très grande importance pour les progrès réels de la science, prise à un autre point que celui qui consiste à composer ou à décomposer des séries nouvelles de combinaisons.

On a en effet séparé de la chimie, sous le nom de *Minéralogie*, l'étude des composés naturels, et l'on en a fait une science à part distincte de la chimie : on l'a rangée de la manière la plus singulière à côté de l'*Histoire naturelle* de la terre ou géologie, et de celle des corps organisés. Il est cependant facile de voir que, à part la question d'origine des corps étudiés, on ne traite aucune question dont le développement n'appartienne à la chimie. Nous avons vu (page 6) que tous les corps quelconques doivent être étudiés sous les cinq points de vue principaux de leurs caractères d'ordres mathématique, physique, chimique, organoleptique, et biologique quand il y a lieu. Il est facile de voir que rarement ces conditions sont remplies dans les divers traités. Ceux de chimie, par exemple, ne renferment guère que le développement des questions relatives aux caractères d'ordre chimique des espèces de composés, ainsi que ce qui est relatif aux nomenclatures. Mais on n'y trouve l'exposé d'aucune des lois relatives à la forme des corps étudiés, à leur nombre, volume, couleur, phénomènes électriques ou autres caractères physiques. C'est aux traités de minéralogie et de cristallographie qu'il faut recourir pour trouver satisfaisant les caractères d'ordres géométrique et physique des corps. Encore leur étude n'est appliquée qu'aux seuls composés naturels, et, fait plus singulier, les caractères d'ordre physique s'y trouvent séparés en deux groupes, les uns sous le nom de *caractères extérieurs*, les autres sous celui de *caractères physiques*, séparés l'un de l'autre par l'étude des caractères géométriques ou cristallographiques. Pour comble de singularité, ceux appelés *caractères tirés de*

la forme des cristaux, qui certainement ne sont pas autre chose que des caractères géométriques, se trouvent exposés avec les caractères extérieurs; seulement, il n'y est question que des *formes non cristallines*. Cependant déjà M. Regnault a fait précéder son *Cours élémentaire de chimie* de l'exposé des lois de la cristallographie, et des moyens à suivre pour arriver à déterminer la forme des cristaux.

Il ne faudrait pas croire que cette transposition de sujets soit en quelque sorte indifférente, et qu'on doive négliger de faire disparaître cette séparation hétérogène et purement factice de parties appartenant à la chimie, cet assemblage confus de caractères généraux dont l'étude doit être rationnellement faite. Dès qu'il s'agit de chercher à donner de l'extension à nos connaissances spéciales d'abord, mais générales ensuite, afin de les réduire au plus petit nombre de faits possible se rattachant les uns aux autres, les questions d'attribution scientifique deviennent capitales pour chaque étude. Nous avons déjà vu que leur solution détermine aussitôt l'esprit général des recherches et la nature des moyens intellectuels et matériels ou procédés de laboratoire à employer; de là une influence capitale et nécessaire sur tous les progrès effectifs. Par là seulement on peut être conduit, par un enchaînement inévitable de pensées, à tenir compte avec une rigoureuse exactitude, et sans en omettre aucun, de tous les moindres détails anatomiques ou physiologiques, et surtout à attribuer à chacun des caractères sa véritable valeur par rapport aux autres.

Les inconvénients des transpositions de sujet d'étude et de caractères des corps, dont il vient d'être question, se font facilement remarquer. Ainsi, dans certains traités, on voit dominer en minéralogie les applications des méthodes algébriques à la connaissance des composés naturels; tantôt ce sont les procédés chimiques qui l'emportent. De cette transposition aussi il est résulté qu'on a négligé souvent de tirer suffisamment parti de la forme des cristaux pour distinguer les composés chimiques, surtout ceux

qu'on extrait des corps organisés. Il faut donc dire avec Berzelius, qui l'avait bien reconnu, que la minéralogie, considérée en elle-même, n'a pas d'autre base scientifique que la chimie, dont elle fait partie (1).

Aussi voit-on que tous les minéraux ou composés d'origine naturelle sont facilement ramenés aux formules des composés artificiels ; seulement, ils représentent deux, trois ou davantage de ceux-ci combinés les uns avec les autres, de telle sorte que leur composition est toujours très complexe ; on en trouve, par exemple, de quaternaires, quinquennaires, et même au delà.

Enfin, on ne saurait sans inconvénients pour les progrès réels de la chimie et de la physique, faire une science à part *de l'étude de la forme cristalline* des corps cristallisables. Ce n'est autre chose que l'étude d'un de leurs caractères d'ordre mathématique.

Il importe de remarquer, avant d'entrer en matière, que nous n'avons traité dans cet article que de ce qui est utile à la détermination des espèces de principes immédiats ; aussi ne faut-il pas s'étonner de voir négligés plusieurs points qui sont peut-être intéressants pour la cristallographie considérée comme spécialité, mais qui n'ont pas d'utilité dans la pratique des analyses anatomiques.

a. Lois que suivent les principes immédiats lorsqu'ils prennent la forme cristalline, ou lois cristallographiques.

Ces lois sont les mêmes que celles suivies par les composés tirés du règne minéral et les composés chimiques artificiels, lorsqu'ils prennent la forme de cristaux. Il n'y a pas pour eux d'exception, ni de type cristallin différent des six types auxquels on peut ramener tous les cristaux connus. C'est par conséquent à la partie cristallographique des traités de chimie qui la traitent et de minéralogie qu'il faut recourir pour l'étudier. Il serait, en effet, inutile de répéter ici ce qui est dit

(1) BERZELIUS, *Nouveau système de minéralogie*, traduction française. Paris, 1819, in-8°, p. 4.

ailleurs et doit normalement se trouver en tête des traités de chimie. Toutefois nous sommes forcés de traiter ici de quelques particularités relatives aux cristaux composés naturels, d'origine organique, que les minéralogistes et chimistes, conséquents à leur plan irrationnel, ont naturellement été conduits à trop négliger.

335. — Il y a quelques faits généraux qu'il faut rappeler ici. Ces faits établissent :

1° Qu'un grand nombre de formes, en apparence très différentes, se lient entre elles de la manière la plus naturelle, et ne sont que des modifications plus ou moins profondes les unes des autres ;

2° Que toutes les formes connues constituent six groupes ou types distincts dont les caractères sont nettement tranchés ;

3° Que dans chacun de ces six groupes tous les polyèdres peuvent se déduire rigoureusement d'une forme unique (prise à volonté parmi celles qui s'y trouvent), par suite de décroissements opérés successivement sur les côtés ou les angles semblables, ou bien sur les uns et les autres à la fois.

Il faut maintenant tenir compte d'un autre fait qui sera constaté en traitant des caractères d'ordre chimique : c'est que les corps ayant une composition identique possèdent presque toujours un même type cristallin, et réciproquement. On voit par là qu'il est possible de déterminer la composition élémentaire, c'est-à-dire la nature d'un corps, par la détermination de sa forme cristalline. C'est sur ce fait, et non sur un simple motif de curiosité, ni encore dans le but d'arriver à en tirer des exemples d'exercices mathématiques, que repose l'importance de l'étude des formes des corps cristallisés.

336. — Il est nécessaire, pour comprendre ce qui va suivre et les descriptions de ce livre, de connaître la valeur de plusieurs des termes techniques qui suivent.

Les *arêtes* d'un cristal se divisent en *aiguës* et en *obtuses*, suivant que l'angle dièdre dont elles forment le sommet est aigu ou obtus.

On appelle cristaux de *forme simple* ceux qui sont limités par des faces toutes semblables ; *forme composée*, ceux qui présentent des faces d'espèces différentes (1). Ainsi un *cristal composé* résulte en quelque sorte de la combinaison d'autant de *formes simples* qu'il présente de *faces d'espèces différentes.*

Pour chaque espèce de corps, quelles que soient les variétés de forme de ses cristaux, on peut remarquer que toutes celles qui sont composées dérivent d'une même forme : c'est la *forme primitive* de cette espèce chimique. Les formes composées de celle-ci ne sont que des *modifications secondaires*, ou *formes secondaires* de la primitive.

On donne le nom de *forme dominante* à celle des formes simples d'un cristal composé dont les faces l'emportent en grandeur sur les autres. L'autre ou les autres formes simples ajoutées à la dominante sont appelées *formes secondaires*, et chaque face est appelée *face modifiante* de la forme dominante.

Les formes simples sont toujours primitives pour telle ou telle espèce, mais les formes primitives ne sont pas toujours simples : ainsi, par exemple, le prisme droit à base carrée qui est la forme primitive de la baryte sulfatée, etc., n'est pas une forme simple, parce que les faces de ce prisme ne sont pas toutes semblables entre elles.

Le terme *forme dominante* entraîne nécessairement avec lui l'idée de formes secondaires modifiant la *forme primitive;* ce sont donc des *cristaux composés*. Naturellement les cristaux composés ne sont jamais *forme primitive.*

337. — On réserve le nom de *forme principale* ou de *forme type*, ou mieux de *solide générateur*, pour désigner celle qui est choisie pour caractériser chaque type, et l'on sait que chaque type renferme plusieurs espèces différentes chimiquement : ainsi le *rhomboèdre* est la forme principale du quatrième type ou *rhomboédrique.*

(1) Le nom de *forme simple* est souvent étendu aux cristaux qui, n'ayant pas toutes leurs faces semblables, n'ont pas leurs faces modifiées par des facettes tangentes ou obliques sur les angles et les arêtes ; *forme simple* est alors synonyme de *forme primitive.*

Le terme *forme primitive* est plus spécial et ne désigne que la forme caractérisant chaque système, c'est-à-dire celle des formes auxquelles on peut ramener tous les cristaux d'une espèce. Ainsi l'octaèdre à base carrée est la forme primitive du système de cristaux de l'espèce *spinelle* (tri-aluminate de magnésie). Quelques auteurs prennent les termes *forme primitive* et *principale* comme synonymes.

On appelle *troncatures* les *faces modifiantes* qui remplacent les arêtes d'une forme dominante. Elles donnent ainsi une forme composée à un cristal simple. On dit alors que l'angle limité par l'arête *est tronqué*, et la face modifiante, outre le nom de *troncature*, s'appelle encore *face* ou *facette de troncature* de l'angle tronqué. Si la troncature est également inclinée sur les deux faces de la forme dominante, on dit qu'elle est *droite* ou *tangente*. Dans le cas où elle est plus inclinée sur une face que sur l'autre, on dit que la troncature est *oblique*. Les troncatures ou facettes de troncatures peuvent remplacer les angles dièdres de la forme dominante; alors elles sont également droites ou obliques, suivant qu'elles sont également inclinées sur toutes les faces de la forme dominante, ou plus inclinées sur l'une que sur les autres. Les troncatures droites sont dites reposer *symétriquement sur l'arête* qu'elles font disparaître, ou *sur les faces* de la forme dominante qu'elles modifient. Les troncatures obliques sont dites *reposer obliquement sur l'arête ou sur les faces* adjacentes.

Les troncatures peuvent faire disparaître les faces terminales d'un prisme, et donner ainsi lieu à la formation d'une pyramide à autant de côtés qu'il y a eu d'arêtes ou d'angles modifiés.

Les arêtes de la forme dominante sont souvent remplacées par deux facettes ou troncatures modifiantes également inclinées sur les faces adjacentes : on dit dans ce cas que l'arête est remplacée par un *biseau*.

Un angle de la forme dominante est souvent remplacé par un autre angle plus obtus : on dit alors qu'il s'est formé un

pointement sur l'angle. Ce nouvel angle a autant de faces que le premier, quand chacune des siennes repose symétriquement sur une des faces de la forme dominante; il en a moitié quand, reposant symétriquement sur les arêtes, les facettes nouvelles s'étendent assez pour faire disparaître une face intermédiaire.

338.— On appelle *axe* du cristal, toute *ligne supposée tracée dans son épaisseur de telle sorte que ses faces soient disposées symétriquement autour d'elle.* On remarque qu'on peut dans tout cristal tirer plusieurs lignes douées de cette propriété : chaque cristal a donc plusieurs axes. Tous les axes passent par le centre du cristal qui les coupe en deux moitiés égales. On appelle *système d'axes* l'ensemble de toutes ces lignes fictives. Lorsque dans un système d'axes il se trouve un axe unique qui n'a pas d'analogue dans le système par ses dimensions, on choisit toujours cet axe pour le mettre dans la situation verticale, et on lui donne le nom d'*axe principal;* les autres axes sont alors appelés *axes secondaires.*

On appelle *section principale*, le plan ou la section supposée couper le cristal en deux en suivant l'axe principal perpendiculairement à l'une des faces du cristal.

339. — Tous les cristaux chimiquement distincts ont des *formes primitives* différentes.

Mais ces formes primitives peuvent être différentes et pourtant très analogues, parce qu'elles diffèrent seulement par la valeur des angles, lesquels sont un peu plus ou un peu moins obtus, etc. On donne alors le nom de *système cristallin* à l'ensemble des cristaux qui dérivent d'une même forme primitive, ou, en d'autres termes, qui peuvent être rattachés à une même forme primitive par suite d'égalité dans la valeur des angles. Des systèmes cristallins différents peuvent, par conséquent, être rangés dans le même type ou groupe, quand ils ne diffèrent que par la valeur des angles. Ainsi, par exemple, anticipant sur ce qui va être dit, la *baryte sulfatée* et la *strontiane sulfatée* ont le même type cristallin, car toutes deux cristallisent sous forme de prisme rhomboïdal droit;

mais l'angle obtus de la première est 101°,42, et celui de la strontiane sulfatée est 104 degrés : elles sont donc de systèmes différents. Ces formes primitives et celles qui en dérivent constituent deux systèmes différents à cause de la différence de valeur des angles.

Ou bien ces différentes formes primitives ne sont pas analogues. Alors elles diffèrent à la fois par le *nombre des faces*, la *valeur des angles*, leur *disposition*, ainsi que par *celle des arêtes*. Dans ce cas ces formes ne peuvent pas être rattachées au même *type*.

Il y a six groupes de cristaux dont les formes primitives ne sont jamais analogues, et dont les systèmes d'axes sont toujours différents. On leur donne le nom de *types cristallins*.

b. Types cristallins.

340. — On donne le nom de TYPE (quelquefois de système) CRISTALLIN à l'*ensemble des cristaux dont les systèmes d'axes sont semblables, et dans lesquels les formes primitives sont analogues, quoique pouvant différer par la valeur des angles* (1).

Les types cristallins sont au nombre de *six*, dont voici les noms et caractères.

341. — Ier type. *Type cubique régulier, octaédrique régulier, tétraédrique régulier.*

Il est caractérisé par trois axes semblables et perpendiculaires entre eux. Les principes immédiats dont les cristaux se rapportent à ce type sont :

Les formes simples et primitives à la fois que renferme ce

(1) Les deux termes de *type* et *système* sont souvent pris comme synonymes, quoique M. Dufrénoy réserve le nom de *système* pour désigner spécialement l'ensemble des cristaux secondaires qui dérivent des formes primitives analogues, mais distinctes, c'est-à-dire à système d'axes semblables et ne différant que par la valeur de leurs angles. Ainsi on dit, le système des formes cristallines du sulfate de strontiane appartient au 2e type. Le nom de *type* est réservé pour désigner l'ensemble des groupes cristallins qui ont un système d'axes semblables ; ils comprennent, par conséquent, chacun plusieurs systèmes, environ autant qu'il y a d'espèces différentes de composés chimiques.

type sont : 1° Le *cube*, ou *hexaèdre*. 2° L'*octaèdre* régulier, dont les faces sont des triangles équilatéraux. 3° Le *dodécaèdre* à faces rhomboïdales. 4° Le *tétraèdre* à triangles équilatéraux, ou hémioctaèdre. 5° *Hexatétraèdre*, ou hexaèdre pyramidal passant au dodécaèdre pentagonal. 6° *Octotriaèdre*, ou octaèdre pyramidal. 7° *Trapézoèdre*, polyèdre à vingt-quatre faces.

Les formes composées dérivant des formes simples sont trop nombreuses et nous éloigneraient trop du but de ce livre pour être énumérées ici, aussi bien pour les autres types que pour celui-ci.

Parmi les principes immédiats, ceux qui ont le cube pour solide générateur, c'est-à-dire qui cristallisent dans le premier type, sont :

1° Le chlorure de sodium, qui peut avoir pour formes simples le cube, l'*octaèdre régulier* et le *dodécaèdre*. 2° La combinaison de chlorure de sodium et d'urée. 3° Le chlorhydrate d'ammoniaque, qui a ordinairement l'*octaèdre* pour forme primitive. 4° L'oxalate de chaux, qui a l'*octaèdre régulier* pour forme primitive.

342. — IIe type cristallin. *Prisme droit à base carrée ; système prismatique carré* droit ou simplement *prismatique carré* (car il n'y a pas de type à prisme carré oblique), ou *octaédrique à base carrée.*

Il ne se modifie jamais que sur quatre ou huit arêtes ou côtés à la fois, et non sur les douze en même temps, comme celui qui appartient au type cubique.

Il est caractérisé par trois axes perpendiculaires entre eux, dont deux sont égaux et le troisième inégal. On ne connaît pas encore de principe immédiat qui cristallise d'après ce type.

Les *formes primitives* que renferme ce type sont au nombre de quatre, dont une seulement est simple, c'est-à-dire a toutes ses faces semblables (octaèdre). Ce sont :

1° Le *prisme droit à base carrée* type ou direct, qui est pris comme solide générateur du type.

2° L'*octaèdre à base carrée*, dont les faces sont des triangles isocèles égaux entre eux, par modification sur les huit côtés de la base. C'est la seule *forme simple* de ce type ; mais ses faces peuvent être plus ou moins inclinées sur l'axe du cristal. Il y a donc en réalité plusieurs composés qui ont pour forme primitive des octaèdres du deuxième type ; octaèdres analogues entre eux, mais distincts en ce que les uns sont très allongés, les autres plus ou moins raccourcis et affaissés, d'où différences dans les angles. De là vient qu'on les a distingués en octaèdres obtus et en octaèdres aigus, suivant que l'axe vertical est plus petit ou plus grand que les axes horizontaux. Par modification des deux sommets et des quatre arêtes de la face, il dérive de cet octaèdre des prismes pouvant être plus ou moins hauts ou tabulaires. Quoique moins fréquents que les octaèdres, ces prismes ont été choisis par quelques auteurs pour la *forme primitive* des espèces qui les présentent au lieu de l'octaèdre.

3° *Deuxième prisme à base carrée ou inverse.* Il est formé par des modifications tangentes aux arêtes verticales du premier, de manière à le faire disparaître.

4° *Prisme à huit faces*, formé par des plans modificateurs du premier, mais reposant obliquement sur les arêtes verticales et non tangentes. (Forme primitive de l'étain oxydé, du zircon, de l'idocrase.)

343. — IIIe type cristallin. *Prismatique rectangulaire* ou *rhomboïdal droit ; prisme droit à base rectangulaire* ou *rhomboïdale.*

Haüy avait pris pour forme principale de ce type l'*octaèdre à base rhomboïdale.* Il est caractérisé par trois axes rectangulaires, tous les trois inégaux. Le plus grand est pris habituellement pour axe principal.

Les principes immédiats qui cristallisent dans ce type sont :

1° Phosphate ammoniaco-magnésien.
2° Le phosphate de magnésie.
3° Urate de magnésie.
4° La créatine.
5° La créatinine.
6° L'urée.
7° L'oxalate d'urée.
8° Le nitrate d'urée.
9° La cystine.
10° La cholestérine.
11° L'acide pneumique.

Les cristaux qui ont les caractères ci-dessus et qui sont ici pris indifféremment comme *forme primitive* des espèces, d'après leur fréquence, comme dominantes dans chacune d'elles, sont au nombre de quatre. Ce sont :

1° Le *prisme droit à base rectangulaire*, qui est le solide générateur du type.

2° Le *prisme droit à base rhomboïdale.*

3° L'*octaèdre à base rectangle.*

4° L'*octaèdre à base rhomboïdale*, à faces étant des triangles scalènes tous égaux entre eux.

Dans ce dernier seul toutes les faces sont égales.

344. — IVe type. *Rhomboédrique* ou du *rhomboèdre.*

Il est caractérisé par trois axes égaux, mais tous obliques les uns sur les autres et non perpendiculaires. On peut, entre les deux sommets obtus, tirer un quatrième axe plus long que les trois du système caractéristique, et perpendiculaire sur eux.

Les principes immédiats qui se rattachent à ce type sont :

1° Le carbonate de chaux.

2° L'acide urique.

Les formes dominant le plus fréquemment dans ce type sont au nombre de quatre :

1° Rhomboèdres (solide générateur du type).

2° Dodécaèdres triangulaires scalènes, ou métastatiques.

3° Prismes réguliers à six faces, de deux variétés.

4° Dodécaèdres triangulaires isocèles, ou birhomboèdres.

Les premiers et les quatrièmes sont seuls des formes simples. Néanmoins, comme dans les rhomboèdres les faces sont disposées trois par trois, ils se rattachent plus intimement aux dodécaèdres triangulaires scalènes qu'aux autres.

Les faces semblables des dodécaèdres triangulaires isocèles étant disposées six par six, ils se rattachent à leur tour plus intimement aux prismes réguliers à six faces qu'aux autres solides.

De là deux groupes dans ces quatre formes dominantes ; et dans chacun de ces groupes présentant les caractères du

type tirés de la disposition des axes, on a choisi une des formes, la plus fréquente, pour *primitive*, en sorte qu'en réalité il n'y a que deux formes primitives dans ce type. Ce sont :

1° Le *rhomboèdre* (chaux carbonatée, tourmaline, *chabassie*, etc).

2° *Prismes à six faces* (chaux phosphatée, émeraude, etc.).

345. — V^e type cristallin. *Prismatique rectangulaire ou rhomboïdal oblique. Prisme oblique à base rectangulaire ou rhomboïdale* (prisme oblique symétrique).

Il est caractérisé par trois axes obliques l'un sur l'autre, mais dont deux seulement sont égaux et le troisième inégal.

Les principes immédiats qui cristallisent d'après ce type sont :

1° Le sulfate de chaux.
2° L'acide hippurique.
3° L'hippurate de chaux.

Les formes qui ont été choisies comme formes primitives sont :

1° *Prisme oblique à base rectangle* (solide générateur du type).

2° *Prisme oblique à base rhomboïdale.*

3° *Octaèdres à base rectangle*, distincts de ceux du troisième type en ce qu'ils ne se modifient plus que sur la moitié des arêtes dirigées du sommet aux angles de la base ; ou bien le pointement du sommet ne se fait plus que par deux faces au lieu de quatre.

4° *Octaèdre à base rhomboïdale ou inverse*, à faces étant des triangles scalènes égaux. Il se distingue de ceux du troisième type en ce que les modifications, quoique portant sur les quatre arêtes de la base et sur deux des arêtes latérales à chaque sommet, il n'y a, des quatre autres arêtes latérales à ces sommets, que les deux correspondant à l'un de ceux-ci qui se modifient.

On peut rencontrer des formes caractéristiques par un prisme oblique symétrique à six faces, dû à des modifications par des faces tangentes à des arêtes verticales.

346. — VI[e] type cristallin. *Prisme oblique non symétrique ; prisme oblique obliquangle, ou prisme oblique à base de parallélogramme obliquangle.*

Il est caractérisé par trois axes inégaux non perpendiculaires entre eux.

On ne connaît pas encore de principe immédiat dont les formes cristallines rentrent dans ce type de cristallisation.

Les formes primitives qu'on trouve dans ce type sont :

1° Le prisme oblique à base de parallélogramme obliquangle qui est pris pour solide générateur.

2° L'octaèdre à même base que le prisme, c'est-à-dire non symétrique, à faces triangulaires scalènes, égales entre elles, deux à deux seulement, en sorte qu'il y a quatre espèces de faces différant par la nature de leurs angles.

347. — Ainsi qu'on peut le voir, les trois premiers types ont leurs trois axes perpendiculaires l'un sur l'autre : dans le premier, tous les trois sont égaux ; dans le second, deux sont égaux, le troisième inégal ; dans le troisième, tous trois sont inégaux.

Les trois derniers systèmes ont tous leurs diamètres obliques l'un sur l'autre, c'est-à-dire non rectangulaires, et ils suivent, quant à la longueur, la même marche que les précédents.

On peut reconnaître facilement qu'il y a une chaîne continue en complication croissante entre ces différents types, dont la différence repose sur l'addition d'un élément variable de plus à chacun d'eux. Ainsi, à partir du premier, où tous les axes sont égaux et rectangulaires, c'est la longueur d'un axe, puis de deux, qui augmente ; au quatrième vient s'ajouter l'obliquité de ceux-ci, compliquée, chemin faisant, des mêmes différences dans leur longueur.

B. *Modification des formes primitives dans chaque type cristallin.*

348. — Il a été question, à diverses reprises, des modifications présentées par les formes primitives et formes simples,

passant de l'état de cristaux simples à l'état de cristaux composés, c'est-à-dire présentant des facettes de divers ordres. Il résulte de ces modifications, que des cristaux ayant tous les caractères généraux indiqués pour chaque type paraissent d'abord ne pas pouvoir être ramenés, par la pensée ou le dessin, aux diverses formes primitives précédentes, lesquelles, une fois connues, permettent de résoudre plusieurs problèmes de chimie proprement dite. Cependant on peut le faire. Nous allons dire comment, après avoir indiqué que dans ces problèmes il s'agit simultanément :

1° De reconnaître les caractères du type cristallin.

2° De tirer parti de cette connaissance, et spécialement de celle de la forme primitive, pour, quand il en est besoin, déterminer d'après elle la nature élémentaire d'un composé chimique. Ce problème peut se présenter dans un grand nombre de circonstances, ainsi que nous l'avons vu. Il est bien entendu qu'on se guide sur l'analyse chimique préalable de corps dont le type cristallin avait été déterminé d'avance en chimie.

Les modifications de la forme des cristaux peuvent avoir lieu de différentes manières :

1° Par *décroissement ;*

2° Par changement de système, ou *dimorphisme et isomorphisme ;*

3° Par *déformation ;*

4° Par *transposition et hémitropie ;*

5° Par *groupement régulier ;*

6° Par *groupement irrégulier*, ou *configuration accidentelle ;*

7° Par *amorphie*, ou *masses amorphes.*

a. **Décroissement des types cristallins et théorie de ce décroissement.**

349. — On arrive à déterminer la forme primitive des cristaux en se guidant sur ce fait, que *les modifications sur les angles et les arêtes ne se font pas d'une manière irrégulière et arbitraire, mais d'après certaines lois qui ont été déterminées.*

Ces lois connues, on comprend qu'il est possible de remonter à la forme type de laquelle dérivent toutes les autres : d'abord les formes primitives, et ensuite les formes secondaires composées.

Il faut savoir, du reste, que les mots *décroissement*, *troncature*, etc., ne sont que des artifices du langage, imaginés pour chercher à se rendre compte de phénomènes dont la cause est inconnue. On a en effet prouvé, en observant la cristallisation naissante sous le microscope, que les cristaux n'apparaissent pas d'abord avec leurs formes types pour décroître ensuite sur les angles et arêtes, mais, au contraire, que dès qu'ils apparaissent ils possèdent la forme qu'ils auront quand ils seront plus gros, à part des modifications peu importantes dans la netteté des angles, etc. Du reste, la théorie du décroissement est appuyée sur ce fait, que les octaèdres formés par le sel marin, qui donne habituellement des cubes, sont formés par un amas de petits cubes disposés en couches, qui diminuent de nombre à chaque couche, à mesure qu'on approche des sommets. Dans la chaux fluatée aussi, les cristaux secondaires sont le résultat du groupement de cristaux ayant la forme primitive, et placés aussi en décroissant de nombre.

350. — La théorie du décroissement des types cristallins repose sur deux lois principales. La première est appelée *loi de symétrie;* c'est une dérivation, un cas particulier de la loi de l'attraction étudiée sur les corps considérés à l'état moléculaire. La deuxième est la *loi d'hémiédrie*, qui elle-même n'est qu'un fait particulier de celle de symétrie.

351. — *Loi de symétrie.* « S'il existe une modification sur une partie quelconque d'un cristal, la même modification se présente sur toutes les parties semblables. »

Réciproquement, *les parties différentes se modifient différemment.*

On entend par les mots *parties semblables* ou *de même espèce*, les angles et les arêtes à la fois égales et formées par la jonction de plans qui font entre eux des angles égaux. Exemples :

dans les prismes rhomboïdaux, les quatre arêtes latérales sont égales, et cependant elles sont de deux espèces, parce qu'elles se trouvent au sommet d'angles plans de valeur différente en degrés; deux sont au sommet d'angles obtus; deux au sommet d'angles aigus. Dans les prismes droits rectangulaires, les *arêtes* de la base se trouvent toutes au sommet d'angles droits, mais comme il y en a deux plus courtes et deux plus longues, elles sont de deux espèces, et les quatre verticales sont de même espèce. Dans le même type, se trouve le prisme droit à base rhomboïdale; les quatre arêtes de la base sont égales, et placées au sommet d'angles droits, elles sont de même espèce; les quatre arêtes verticales sont égales aussi, mais étant au sommet de deux espèces d'angles, elles sont de deux espèces.

352. — Ainsi on voit, d'après la loi de symétrie, que :

Dans le premier type, cubique ou régulier, tous les angles étant identiques et toutes les arêtes jouant le même rôle, lorsqu'un angle ou une arête sera modifiée d'une manière quelconque, tous les autres angles ou arêtes seront modifiés de la même manière. Il y aura, par conséquent, 1° huit modifications pour les angles; 2° et douze pour les arêtes.

Dans le deuxième type, prisme droit à base carrée, tous les angles sont identiques, mais il y a deux espèces d'arêtes, savoir, celles de la base et les arêtes verticales. Il y aura, par conséquent, 1° huit modifications pour les angles; 2° huit pour les arêtes de la base; 3° quatre pour les verticales.

Dans le troisième type, prisme droit à base rectangle, tous les angles sont égaux, et il y a trois espèces d'arêtes, savoir, arêtes longues de la base, arêtes courtes de la base, et arêtes verticales. Il y aura, par conséquent, 1 huit modifications pour les angles trièdres; 2° quatre pour les longues arêtes de la base; 3° quatre pour les courtes; 4° et quatre pour les verticales. Si le prisme est rhomboïdal, il y aura : 1° quatre modifications pour les angles trièdres obtus; 2° quatre pour les angles trièdres aigus; 3° huit pour les arêtes de la base toutes égales, et au sommet d'angles dièdres droits; 4° deux

pour les arêtes verticales des angles obtus ; 5° plus deux pour celle des angles dièdres aigus. Il y aura, par conséquent, une espèce d'éléments de plus (deux arêtes) pouvant se modifier isolément indépendamment des autres.

Dans le quatrième type, rhomboèdre, l'obliquité des axes augmente la complication. Il y a deux angles sommets et six arêtes culminantes, trois pour le sommet supérieur, trois pour l'inférieur.

Il y a de plus six angles latéraux et six arêtes latérales en zigzag autour de l'axe joignant les deux sommets. Il y aura par conséquent 1° deux modifications pour les angles sommets ; 2° six pour les latéraux ; 3° six modifications pour les arêtes culminantes ; et 4° six pour les latérales.

On peut considérer aussi le prisme régulier à six faces résultant de modifications tangentes survenues en même temps sur les deux espèces d'angles ; celles des angles sommets forment les bases et celles des angles latéraux les faces de côté. Il y aura alors 1° douze modifications pour les angles ; 2° douze pour les arêtes de la base ; 3° et six pour les arêtes verticales.

Dans le cinquième type, prisme oblique rhomboïdal, il y a trois espèces d'angles, savoir, 1° deux angles trièdres aigus opposés en diagonale ; 2° deux angles trièdres obtus à l'extrémité de la petite diagonale qui croise la précédente ; 3° et quatre angles trièdres égaux, deux à la base inférieure, deux à la supérieure. Il y a en outre quatre espèces d'arêtes, savoir, 4° deux arêtes au sommet d'angles dièdres aigus, deux pour la base inférieure, deux à la supérieure ; 5° quatre au sommet d'angles dièdres obtus, distribuées aussi aux deux bases ; 6° deux arêtes dressées obliques au sommet d'angles dièdres aigus ; 7° deux autres, disposées de la même manière par rapport aux angles dièdres obtus. Il y aura par conséquent autant de modifications pouvant avoir lieu isolément.

Si l'on prend le prisme oblique à base rectangle, les quatre arêtes dressées obliques sont de même espèce étant au sommet d'angles dièdres droits, et par conséquent se modifiant

à la fois, et non plus deux par deux comme pour le prisme rhomboïdal. Ce qui ne fait plus que six espèces de modifications pouvant avoir lieu à la fois.

Dans le sixième type, prisme oblique non symétrique, les huit angles se divisent en quatre espèces, et les douze arêtes en six espèces, en sorte qu'il y a dix espèces de modifications pouvant avoir lieu isolément, deux par deux sur les vingt éléments du prisme. Ainsi il peut n'y avoir de semblables que les modifications qui se font deux par deux, opposées l'une à l'autre.

Ainsi, quand toutes les arêtes d'un cristal sont de même espèce, elles restent toutes intactes à la fois, ou se modifient toutes à la fois et de la même manière (cube, octaèdre régulier); s'il y a plusieurs espèces d'arêtes, il y a autant d'espèces de modifications qui peuvent marcher chacune isolément (prismes, octaèdres à base rectangle ou rhombe). Il en est de même pour les angles.

Il n'y a pas nécessairement que les angles ou les arêtes semblables qui se modifient à la fois. Les deux ou trois espèces d'angles ou d'arêtes peuvent le faire en même temps, et simuler au premier abord les cristaux du type régulier; mais alors ces angles et arêtes sont modifiés de différentes manières. Les divers plans modificateurs se trouvent différemment inclinés sur les faces adjacentes, ce qu'on peut constater par la mesure des angles qui diffèrent avec chaque espèce de plan. Ici, comme on le voit, se présente, pour arriver à déterminer la forme primitive d'un cristal, la nécessité d'employer un autre moyen encore que l'examen direct de la forme et de ses modifications; c'est la mesure des angles.

353.— *Loi d'hémiédrie*. Elle est caractérisée par ce fait que certains cristaux (boracite pour le cube; calcaire, rubis, saphir, pour les prismes à six pans) ne présentent des modifications que sur la moitié des arêtes ou des angles semblables et non sur tous.

Mais on s'en rend compte en admettant l'hypothèse que les molécules intégrantes, composant le cristal étudié, sont des

demi-cristaux ; que, par exemple, les molécules intégrantes. composant les cubes de boracite, sont des demi-cubes ou tétraèdres, disposés en sens inverse l'un de l'autre, pour former le cristal entier. Par conséquent ces cristaux ont leurs éléments géométriquement identiques; mais ils ne sont pas physiquement identiques, vu la disposition de leurs molécules intégrantes. En effet, dans le cas du cube composé de petits tétraèdres et non de cubes rangés en file, il se trouve que chaque angle du cube formé par la réunion des sommets de tétraèdre a pour angle opposé, et, par suite, supposé semblable au précédent, un angle formé par la réunion des bases de tétraèdre. Ils sont donc physiquement différents, et se modifient différemment de toute nécessité, ou l'un se modifie sans l'autre.

Les faits que nous venons de signaler ne sont donc pas une exception à la loi de symétrie.

On ne connaît pas de principes immédiats dont les cristaux présentent des exemples d'hémiédrie.

b. Détermination de la nature de la forme primitive, d'après les lois du décroissement des formes primitives.

354. — Elle n'exige aucun calcul, et l'inspection du cristal suffit pour résoudre cette question. Pour déterminer la nature de la forme primitive, il faut compter le nombre de facettes semblables et les comparer les unes aux autres de manière à rétablir par la pensée ou le dessin un cristal primitif. On se guide en outre sur la modification ou non-modification des angles et des arêtes pour juger de leur similitude ou dissimilitude, ce qui, d'après ce que nous avons vu précédemment, conduit à reconnaître d'une manière plus précise le type auquel appartient le cristal.

355. — *Détermination des angles.* Elle peut être nécessaire pour arriver à connaître la véritable forme primitive d'un cristal et par suite la nature élémentaire de la substance qui le compose dans deux cas : 1° quand les éléments dissemblables d'un cristal, étant modifiés à la fois et la différence des modifications n'étant pas assez grande pour être recon-

nue par le simple aspect, nécessite de mesurer la différence d'inclinaison des facettes modifiantes ; 2° quand deux formes primitives sont analogues et ne diffèrent que par la valeur différente de leurs angles. Tel est le cas de la *baryte sulfatée* et de la *strontiane sulfatée* cristallisant l'une et l'autre en prismes droits rhomboïdaux, mais la première sous l'angle de 101°,42, et la seconde sous celui de 104°.

Il est très rare que des exemples analogues aux précédents se présentent parmi les principes immédiats, en sorte que, dans la très grande majorité des cas, la simple détermination de la forme suffit pour faire connaître l'espèce de substance dont il s'agit. Enfin, au milieu de nombreuses variétés de conformation que présentent les cristaux des principes immédiats placés sous le microscope, il est facile d'en trouver un certain nombre qui conservent la forme primitive non modifiée ou à peine, et de plus de constater toutes les transitions de forme depuis les précédentes jusqu'à celles qui sont le plus éloignées du type primitif.

c. Changement de système, ou dimorphisme et isomorphisme.

356.—Nous avons vu précédemment que *tous les cristaux ayant une composition chimique identique possèdent le même système cristallin*, et qu'ils peuvent, quelles que soient les modifications de leurs formes, en se guidant sur la connaissance des lois d'après lesquelles se font ces modifications, être ramenés à une même forme primitive. Réciproquement *toutes les substances qui ont la même composition cristallisent de la même manière* ; et *celles qui diffèrent dans leur composition cristallisent différemment*. D'où la possibilité de se guider sur la forme pour connaître la nature élémentaire; car les composés qui ne cristallisent pas dans le même *système* ont une composition différente.

Cependant ces principes ne sont pas absolus; mais ils sont vrais dans la très *grande généralité* des cas. Il y a, en effet, quelques substances de même nature qui cristallisent dans

deux systèmes différents, et d'autres de nature différente cristallisant dans un même système.

357. — *Dimorphisme.* Il est caractérisé par la propriété que possèdent quelques substances de nature identique, de cristalliser sous des formes qui appartiennent à deux systèmes différents. Il est possible qu'on trouve des substances qui soient ainsi *polymorphes*, mais on n'en connaît encore que de dimorphes. Ces substances sont, du reste, peu nombreuses; on n'en connaît que quinze, parmi lesquelles deux seulement sont des principes immédiats : ce sont le *carbonate de chaux* et le *sulfate de magnésie.* Le premier cristallise dans le système rhomboédrique qui appartient au quatrième type cristallin, et dans le système à prisme droit rhomboïdal du troisième type. Mais dans les corps organisés, il ne se présente jamais cristallisé dans ce dernier système. Il est donc inutile d'insister davantage sur ce fait.

358. — *Isomorphisme.* Il est caractérisé par ce fait que *des cristaux d'une forme identique ont une composition chimique différente.* Ce fait se présente très rarement, et il ne se rencontre que dans les cas où une substance étant composée du même nombre d'équivalents qu'une autre, elles peuvent se remplacer en toute proportion, sans que les rapports entre les équivalents de l'oxygène de la base et de l'acide soient changés. C'est ainsi, par exemple, que, dans la magnésie, la chaux, le protoxyde de fer et celui de manganèse, la quantité d'oxygène, par rapport au métal, étant la même, on peut, dans un sel formé de quatre équivalents d'acide et deux de chaux ou de magnésie, remplacer un équivalent de cette base par un équivalent de protoxyde de fer ou de manganèse et réciproquement. On peut même opérer ce remplacement en toute proportion.

Il y a des substances d'une composition chimique semblable, qui, mélangées l'une à l'autre, ne peuvent être obtenues cristallisées de la même manière. Ainsi le sulfate de fer et le sulfate de magnésie, qui ont des constitutions chimiques semblables, ne se mêlent pas l'un à l'autre en cristal-

lisant; quoique dissous dans le même liquide, ils cristallisent l'un dans un système et le second dans un autre. Mais il est facile de reconnaître que ces solides renferment des quantités d'eau différentes. La composition chimique de ces *cristaux* n'étant par conséquent pas la même, il n'est pas étonnant qu'ils affectent des formes cristallines très différentes.

On ne connaît pas d'exemple d'isomorphisme dans les principes immédiats, et cette propriété des corps différents qui ne se combinent pas ensemble, de cristalliser simultanément, sans se mélanger, est très importante. C'est sur elle que reposent la plupart des procédés d'analyse anatomique des solides et des liquides organiques dont on veut séparer les principes immédiats.

d. Déformations.

359. — Les formes cristallines que nous venons d'étudier sont toujours complètes et présentent une régularité parfaite, mais il est rare d'en trouver beaucoup d'aussi régulières. Une de leurs extrémités se trouve en général engagée dans d'autres cristaux. Souvent aussi certaines faces ont pris un développement plus considérable que d'autres, ce qui altère beaucoup les formes simples et l'aspect général du cristal. Mais au milieu de toutes les extensions anormales de ces faces, leurs directions restent rigoureusement les mêmes, ce que l'on a pu constater par la mesure des angles. Les cristaux qui se développent contre les parois des vases s'enchevêtrent toujours les uns dans les autres et ne présentent que quelques unes de leurs faces libres. Dans ces cas-là, on est souvent obligé de mesurer les angles pour déterminer les formes primitives. La face du cristal qui repose sur le fond du vase prend en général un développement plus considérable que les autres faces.

Comme les cristaux les plus petits sont en général les plus parfaits par la netteté de leurs arêtes, de leurs angles, etc., et que les cristaux fournis par les principes immédiats sont

toujours de très petit volume, il en résulte qu'on en trouve toujours ou presque toujours d'assez nets pour en déterminer la forme primitive. Nous avons déjà dit, du reste, que dans le grand nombre des cristaux obtenus par évaporation d'un liquide tenant des principes immédiats en dissolution, il y en a toujours plusieurs qui conservent la forme primitive ou sont fort peu modifiés. Il est néanmoins très important de signaler ici les différentes modifications de forme qu'on rencontre constamment dans le champ du microscope.

Les octaèdres se présentent quelquefois sous une forme très allongée qui leur a fait donner le nom d'*octaèdre cunéiforme*. Elle est due à ce que quatre des faces ont pris un développement anormal, et les quatre faces du polyèdre allongé qui en résulte ont seules conservé l'étendue normale.

C'est surtout dans les octaèdres du premier, du quatrième et du cinquième type cristallin qu'on observe des exemples de ce genre.

Au lieu d'un octaèdre cunéiforme entier, ce n'est quelquefois qu'un *hémi-octaèdre* qu'on obtient, ayant alors tout à fait la forme d'un coin. Quatre des faces manquent complétement, et au lieu d'un coin opposé à un autre, on a une large face rectangulaire formant la base du coin ; ou d'une pyramide, dans le cas où le cristal ne s'est pas ou presque pas allongé. On trouve des exemples d'hémi-octaèdres cunéiformes dans le phosphate acide de chaux de l'urine ; dans les cristaux de phosphate ammoniaco-magnésien, etc. (*pl.* 3, *fig.* 1 *a*, *a*) et d'hémi-octaèdres pyramidaux parfaits ou avec un rudiment des quatre autres faces dans les cristaux octaédriques de sel marin du sang évaporé (*pl.* 1, *fig.* 3, *a*, *a*, *a*). Ces hémi-octaèdres pyramidaux avec rudiment des autres faces sont aussi des exemples de déformation des faces reposant sur les parois du vase. Des octaèdres peuvent être un peu aplatis, ce qu'on trouve quelquefois dans ceux d'oxalate de chaux, fait déjà signalé par Wollaston ; il dépend de la situation du cristal durant son augmentation de volume, mais ce n'est pas une

forme normale ; c'est surtout à la surface des calculs muraux qu'on en rencontre.

360. — Les cubes peuvent aussi s'allonger beaucoup, de manière que le cristal prend l'aspect d'un prisme droit à base carrée. Le sel marin du sang et de l'urine en fournissent de nombreux exemples placés à côté de cubes parfaits (*pl.* 1, *fig.* 1 *a*, *a*). Dans ce cas-là et dans celui des prismes droits, à base carrée non déformés, quelques uns peuvent se présenter comme prismes rectangulaires droits, lorsqu'il ne s'agit simplement que d'un prisme très bas, dont les faces latérales sont moins étendues que la base.

Des prismes rectangulaires droits peuvent paraître prismes droits à base carrée, quand la base étant très étendue et la hauteur peu considérable, donnent aux petites faces latérales l'aspect d'un carré. L'examen des cristaux analogues qui présentent des modifications sur les angles et les arêtes serviront à faire établir la distinction. On peut en voir des exemples dans la créatine (*pl.* 22, *fig.* 2 *d*).

Des prismes de sel marin sont souvent terminés par des hémi-octaèdres pyramidaux, dont chaque face repose sur celle du prisme (*pl.* 1, *fig.* 3 *c'*); ou bien par une pyramide à quatre faces résultant de la troncature des angles du prisme. Cet exemple est plus fréquent que le précédent (*pl.* 1, *fig.* 3 *c*, *c*).

Ces cristaux de sel marin, résultant d'allongements du cube, sont quelquefois assez minces et assez longs pour tendre à prendre la forme d'aiguilles (*pl.* 1, *fig.* 3, *d*, *d*), et leur terminaison en pyramide indique comment il se fait que souvent ces aiguilles sont terminées en pointe. La disposition aciculaire est plus fréquente dans les substances dont la forme primitive est un prisme droit ou oblique que dans celles du premier type. Ces aiguilles sont quelquefois terminées carrément, et non en pointe, quand le sommet du prisme n'est pas modifié par des pointements.

On trouve des exemples de ce genre dans l'urée (*pl.* 30, *fig.* 3 *a*, *b*); la créatine présente aussi des exemples d'ai-

guilles coupées carrément. Les prismes rhomboïdaux allongés d'acide urique, d'oxalate d'urée, d'hippurate de chaux, d'acide hippurique, de cystine, etc., présentent aussi des exemples de cristaux prenant la forme d'aiguille (voyez *pl.* 20, 21, 22, 34, etc.).

361. — Tous les cristaux, quel que soit le type auquel ils appartiennent, peuvent se présenter sous forme de *lames* ou *lamelles* très minces, qui sont carrées, rectangulaires, rhomboïdales. Lorsque ces lames sont épaisses de manière, si l'on veut, à prendre la forme de prismes très minces, on les appelle cristaux *tabulaires* ou tables. Des troncatures ont lieu sur les angles des *lamelles* et *tables*, comme dans tous les cristaux quels qu'ils soient. La créatine, le nitrate d'urée, l'acide urique, la cholestérine, etc., en présentent des exemples (*pl.* 24, 25, 26, 35, etc.).

Des lamelles et tables carrées et rectangulaires se rencontrent mêlées les unes aux autres dans les substances qui cristallisent en prismes droits rectangulaires, parce que les unes représentent des faces latérales ; les autres, la base. Mais les modifications et l'absence de prismes rhomboïdaux font reconnaître qu'il s'agit là du deuxième type, et non de cristaux du troisième.

Des tables et lamelles rectangulaires et carrées se trouvent mêlées ensemble dans les substances qui cristallisent en prismes droits rectangulaires. Celles qui sont carrées représentent des faces latérales d'un prisme rectangle ayant pris des dimensions égales en tout sens. Leur mélange avec des lames rhomboïdales et des prismes à base rhombe font reconnaître qu'il s'agit de cristaux du troisième type, et non du deuxième. Les modifications guident aussi dans cette détermination. Les cristaux de créatine présentent des exemples de ce genre (*pl.* 24, *fig.* 2, *a*, *b*, *c*, *x*).

Le cinquième type ou prismatique oblique rectangulaire ou rhomboïdal peut présenter également des lames carrées, rectangulaires et rhomboïdales; mais les lames carrées sont

beaucoup plus rares que les autres, et la présence de prismes obliques déterminera la nature du type.

Ce qui prouve bien que les lamelles cristallines ne sont que des prismes ayant des dimensions peu considérables dans un sens, c'est que le même cristal qui, au commencement de son apparition, se présente sous forme de lamelle, prend bientôt celle de prismes, au fur et à mesure des progrès de l'évaporation.

Les octaèdres allongés cunéiformes et les hémi-octaèdres allongés se modifient comme quand ils sont régulièrement proportionnés, et prennent alors la configuration tabulaire, avec une épaisseur plus ou moins considérable. Le phosphate ammoniaco-magnésien en présente des exemples (*pl.* 7, fig. *a*, *b*, *c*).

Il existe encore d'autres espèces d'anomalies des cristaux. Ainsi assez souvent il arrive que les arêtes seules sont nettement constituées et les faces sont creusées ou surmontées de saillies irrégulièrement ou régulièrement disposées, ou bien sont des stries avec ou sans dentelures. On en trouve en faisant cristalliser le nitrate d'urée, le phosphate de soude neutre des urines (*pl.* 9, *fig.* 1, *c*).

Des stries et des cannelures se voient sur beaucoup de prismes allongés, terminés par des pyramides hémi-octaédriques que donne le sel marin cristallisé dans les extraits alcooliques du sang. Les faces sont plus ou moins creusées et déformées, les arêtes seules conservent une assez grande régularité. Cependant sur quelques prismes elles sont surmontées çà et là de pointes d'octaèdres (*pl.* 1, *fig.* 3).

Souvent ces modifications se forment en faisant cristalliser rapidement une solution concentrée, ou mélangée d'une poussière en suspension. Quand la matière pulvérulente est légère, elle se trouve enclavée dans l'épaisseur du cristal.

e. Déformation par hémitropie et transposition.

362. — Ces déformations sont toujours le résultat du

groupement de deux demi-cristaux, mais dans des conditions différentes.

La *transposition* est une déformation dans laquelle un demi-cristal est placé, comme si après la section en deux du cristal entier on eût fait faire un sixième de révolution à l'une des moitiés sur l'autre.

L'*hémitropie* est caractérisée par ce fait que le demi-cristal est placé par rapport à l'autre, comme si après la section l'on eût fait faire à l'un des deux un demi-tour de révolution.

L'oxalate d'urée en fournit des exemples.

f. Groupements réguliers.

363. — On donne le nom de groupements réguliers à ceux qui résultent de la réunion des cristaux par leurs faces homologues; d'où résultent tantôt des cristaux de même forme que chacun des petits, mais plus gros, tantôt des cristaux différents.

Croisements. Il y en a de nombreux exemples dans la nature, formés par des cubes, des prismes rhomboïdaux ou carrés, des prismes hexagones, etc. On en trouve qui sont réunis par leurs bases de manière à former une croix. La créatine en présente quelquefois des exemples (*pl.* 25, *fig.* 1, *f*).

Entrecroisements. On trouve quelquefois des cristaux régulièrement entrecroisés, de telle sorte, que s'il n'y en a que deux, l'un d'entre eux traverse l'autre de part en part en le coupant régulièrement en deux moitiés égales. L'acide pneumique en offre des exemples (*pl.* 37, *fig.* 1, *a*). Tantôt ce sont deux prismes seulement disposés en croix à branches égales; tantôt il y a trois ou quatre prismes formant alors une sorte d'étoile à six branches, se croisant dans des plans divers ; dans ce cas-là on voit quelquefois le plus petit des prismes traverser de part en part le plus gros cristal, d'autres fois c'est lui qui est interrompu par celui-là (*pl.* 7, *fig.* 1, *b*, *c*).

Les octaèdres présentent assez souvent des groupes de trois à quatre cristaux régulièrement disposés ; exemples fréquents

parmi les cristaux octaédriques de sel marin surtout, et de quelques autres principes (*pl.* 1, *fig.* 2, *a*).

Ces polyèdres paraissent avoir des angles rentrants, mais c'est là une disposition qui n'est pas normale et dont la cause est facile à reconnaître.

g. Groupements irréguliers et configurations accidentelles.

364. — On donne ce nom à des groupements n'ayant plus lieu par la réunion des faces homologues des cristaux, mais par accumulation de ceux-ci de diverses manières.

Groupes cristallins. Ils sont formés par des cristaux entrecroisés en tout sens, dont on aperçoit les deux extrémités, ou bien par des cristaux s'irradiant d'un centre commun de manière qu'on ne voie qu'une de leurs extrémités, l'autre étant cachée ou n'étant pas formée. Ce centre commun peut être soit une masse amorphe, soit un groupe de cristaux plus petits et difficiles à déterminer; ou enfin il peut être représenté par les parois du vase dans lequel s'est faite la cristallisation.

Nous avons vu que, lorsqu'il n'y a que deux ou trois cristaux groupés, on trouve souvent qu'ils ont une tendance à se disposer en croix. Le sel marin, l'acide urique, l'oxalate d'urée et beaucoup d'autres principes immédiats figurés dans ce livre, présentent des exemples de cette disposition. Quoiqu'il soit moins facile de déterminer la forme primitive ou les modifications des cristaux lorsqu'on n'en voit qu'une extrémité que dans le cas où ils sont libres, on le peut néanmoins encore avec un peu d'attention. Il n'est du reste pas de circonstance où l'on ne trouve dans le champ du microscope un certain nombre de cristaux libres à côté de ceux qui sont en groupes.

365. — *Groupes de lamelles et d'aiguilles.* Ces groupements peuvent présenter un très grand nombre de dispositions variées; mais le fait capital à signaler c'est que, quelles que soient les formes de ces groupes, ils présentent toujours

quelque chose de spécial, de caractéristique pour chaque substance; en sorte qu'après avoir observé un certain nombre de principes, on peut déterminer très rapidement, d'après le cachet particulier de chaque groupe, le composé qui le forme.

Ainsi quelques uns de ces groupes sont toujours formés de lamelles, mais pour certains corps elles sont habituellement grandes, pour d'autres habituellement petites, ou groupées d'une autre façon. D'autres composés cristallisent toujours en aiguilles, et ces aiguilles peuvent être disposées en pinceaux, en masses sphériques, ou s'irradier d'un centre, ou être disposées à côté l'un de l'autre en partant d'une aiguille plus grosse comme base, etc... Il est nécessaire de donner quelques détails sur les principales de ces formes de groupements, parce que leur étude est très utile dans la pratique pour distinguer les principes les uns des autres.

366. — Les plus simples résultent du groupement de lamelles qui toutes conservent des bords nets à moins de rupture accidentelle. La disposition des angles ou au moins de la moitié d'entre eux peut encore être reconnue de manière à se guider sur eux et leurs troncatures pour déterminer la nature de la substance. Tantôt on trouve une grande lamelle recouverte en totalité ou en partie par de plus petites assez régulières, dont les bords présentent dans leur disposition une certaine symétrie, par rapport à ceux de la lame principale; tantôt elles sont diversement inclinées. Dans le premier cas on trouve souvent des bords rentrants sur le bord des lamelles, ce qui indique la soudure de deux de celles-ci ayant une grandeur différente l'une de l'autre. Ordinairement il n'y a pas de traces de cette soudure, cependant on la voit quelquefois. Le plus fréquemment ces amas de lamelles sont considérables et sans régularité autre que celle qui est propre à chaque cristal pris à part.

Souvent ces lames sont striées à leur surface, surtout quand elles sont assez épaisses pour prendre la disposition tabulaire. Ces stries sont habituellement parallèles à deux ou quatre

des bords du cristal, ce qui indique la formation de la table par des lamelles superposées.

Des exemples de ces amas s'observent dans les cristaux de nitrate d'urée par mélange direct d'urée et acide azotique, dans le phosphate acide de chaux des urines, et constamment dans la cholestérine (*pl.* 3, *fig.* 1, *g*, *h*, *m*). Pour celle-ci la forme des lames jointe à la disposition des amas donne un aspect tout caractéristique à cette substance. Il en est de même du reste pour l'azotate d'urée et beaucoup de principes immédiats (*pl.* 31).

Les lamelles cristallines peuvent former des groupes d'un autre genre. Dans ceux-ci, la forme de chacune d'elles n'est plus reconnaissable d'une manière précise, parce que leurs angles sont émoussés, leurs bords ne sont plus parfaitement rectilignes. Mais elles se groupent de telle façon que les amas ou du moins quelques uns d'entre eux reproduisent la forme générale de la base ou des faces latérales de la forme primitive. Le phosphate acide de chaux des urines, surtout dans l'urine de chien, l'oxalate et le nitrate d'urée, en offrent des exemples. Parmi les cristaux, le nitrate et l'oxalate d'urée formés par addition des acides à l'urine évaporée, on trouve des groupes de ce genre ayant la forme losangique pour le premier et rhomboïdale pour le second (*pl.* 31). Leur épaisseur varie et leur surface est couverte de lignes ou stries à peu près parallèles aux côtés qui indiquent une accumulation de lamelles. Ces amas losangiques ou rhomboïdaux se réunissent souvent les uns aux autres soit par leurs angles, soit par leurs côtés, et forment ainsi des amas très compliqués arborisés, ramifiés ou non, de forme et de volume variables, mais qui ont un cachet spécial pour chaque espèce de substance en raison de la nature des angles saillants au dehors.

De plus, ces amas compliqués se font avec une certaine régularité, d'après certains types pour chaque composé, ce qui sert à les distinguer, surtout lorsqu'on tient compte de leur coloration propre, dont nous parlerons bientôt.

367. — *Rosaces*, etc. Dans quelques substances, telles que l'acide hippurique, l'oxalate d'urée, les lamelles sont allongées ; elles tendent à prendre la forme d'aiguilles, mais elles sont plus larges, elles sont aplaties et coupées obliquement à leur extrémité. Elles se disposent alors en général en masses sphériques, ou circulaires et aplaties (*rosaces*). Toutes ont une extrémité vers le centre et s'irradient de là en tous sens.

Les cristaux de la solution nitrique de cystine et l'hippurate de chaux offrent encore de nombreux exemples de toutes ces dispositions. Ces masses, du reste, sont quelquefois irrégulières, ou bien les lamelles sont disposées le long de quelque gros cristal allongé. Dans le nitrate d'urée, il y a quelquefois combinaison de cette forme de lamelles avec d'autres très larges. Malgré cela, ces groupements sont encore très caractéristiques par leur disposition générale, et guident pour la distinction des substances les unes des autres (*pl.* 22, *fig.* 2, *a*).

368.— *Groupes d'aiguilles.* Les cristaux aciculaires se disposent fréquemment en groupes étoilés par croisement en tout sens, ou en faisceaux resserrés, comme étranglés vers le milieu. D'autres fois ce sont des amas en forme de pinceau. Les hippurates, les lactates et beaucoup d'autres substances cristallisent de la sorte, surtout lorsque la cristallisation a été rapide. Tantôt la forme d'aiguilles est la seule que présentent certaines substances, telles sont l'urée, les lactates, etc. ; d'autres fois elles se trouvent mêlées à des lamelles ou à des cristaux bien déterminés, comme on le voit pour les hippurates, quelquefois la créatine, etc. (*pl.* 25, *fig.* 2, *c*). Souvent, surtout quand elles sont volumineuses, les aiguilles se disposent parallèlement les unes aux autres par groupes, qui eux-mêmes se croisent perpendiculairement ou obliquement, de manière à former ainsi des dessins très variés. C'est ce que montre l'urée, et beaucoup d'autres substances qui présentent des aiguilles moins volumineuses. Quelquefois, sur une aiguille plus volumineuse que les autres, s'en réunissent d'autres, soit d'une manière irrégulière, soit

en un seul point, de manière à représenter une sorte de houppe. Ces grosses aiguilles peuvent à leur tour se réunir les unes aux autres, soit en rosace ou en étoile. C'est ce qu'on voit pour le choléate de soude.

Il faut ici mentionner spécialement les aiguilles et groupements d'aiguilles des corps gras, principalement de la margarine, de l'acide margarique et quelquefois de l'acide stéarique, etc. Lorsque ces corps ont été précipités en petite quantité d'un liquide les tenant en dissolution, ils se déposent sous forme de petites aiguilles, qui sont droites et roides pour la stéarine, mais courbes généralement lorsqu'il s'agit des corps que nous venons de nommer. Cette courbure leur donne déjà un aspect spécial et caractéristique. En outre elles se réunissent en groupes variés pour l'aspect et le volume, qui ont du reste une forme souvent particulière, laquelle, jointe à leur consistance, sert à faire distinguer ces principes des autres espèces. Pour l'acide margarique surtout, ces aiguilles s'implantent les unes sur les autres de manière à former des ramifications subdivisées elles-mêmes et se rapprochant de l'aspect des dendrites. Ces ramifications sont elles-mêmes disposées en rosaces très élégantes. Toutes ces dispositions varient beaucoup suivant chaque espèce; mais il importe de savoir que les principes des matières grasses cristallisent d'une manière toute particulière.

369. — *Configurations accidentelles.* On donne ce nom à des masses de formes particulières, presque constamment les mêmes pour chaque principe, formées par des cristaux aciculaires ou lamelleux réunis les uns sur les autres d'une manière plus ou moins régulière.

Des lamelles cristallines se réunissent assez souvent en groupes allongés, de volume variable, isolés ou disposés deux à deux en croix, ou plus nombreux et disposés en étoile. La forme de chacune des petites lamelles composantes peut, du reste, être déterminée elle-même comme carrée, losangique, etc., par celles qui font saillie sur le bord des croix ou étoiles que représentent leurs amas. Il résulte de là que

se guidant d'une part sur la forme des lamelles, d'autre part sur la disposition des configurations, qui se reproduisent avec les mêmes caractères dans chaque composé, on peut, à l'aide de ces dispositions, parvenir à reconnaître quel principe immédiat on a sous les yeux. Du reste, souvent il y a des cristaux bien conformés à côté de ces différentes configurations. Dans l'axe de chacun des amas entrecroisés on observe fréquemment des granulations amorphes, indéterminées, ou des cristaux disposés de différentes manières. La créatine cristallisée rapidement fournit assez souvent quelques exemples des configurations que nous venons de décrire (*pl.* 25, *fig.* 2).

370. — Parmi les configurations accidentelles, une des plus fréquentes est celle de masses dont la forme est ovoïdale ou sphérique ; elle est due, presque toujours, à l'accumulation de très fines aiguilles s'irradiant autour d'un point central, et fortement adhérentes les unes contre les autres dans le sens de leur longueur. Tantôt on voit les extrémités des aiguilles faisant saillie à la surface des sphères (lactate de chaux, urate de soude, etc., margarine, stéarine). Tantôt la surface des corps est presque lisse (sel double de créatine et chlorure de zinc, margarine quelquefois, carbonate de chaux). Mais alors on peut reconnaître facilement l'aspect radié des sphères, ou le démontrer en faisant agir quelque acide faible, ou autre réactif, qui dissout peu à peu la masse sphérique et met en évidence la pointe des aiguilles. On peut observer très nettement ces réactions sur les sphères d'urate de soude. Quant à celles de carbonate de chaux, leur surface est toujours lisse, et ce n'est qu'en les brisant ou en observant un certain nombre d'entre elles sur lesquelles se voient naturellement les radiations des aiguilles, qu'on peut constater leur structure (*pl.* 3, *fig.* 2, *g*). Quelquefois on ne voit autre chose que quelques stries partant du centre qui rappellent la structure que nous venons de décrire, mais sans qu'il soit possible de voir ou d'isoler des aiguilles libres ou en faisceaux. Enfin, il est des cas où l'on ne voit même plus ces stries, ce n'est qu'un globule sphérique qu'on a sous les yeux (*pl.* 5, *a*).

Le groupement les unes contre les autres de plusieurs de ces sphères les rend hémisphériques, ou change de diverses manières la forme de chacune d'elles. Ces agglomérations de sphères constituent ce qu'on appelle les masses à *configuration mamelonnée*, qui quelquefois sont elles-mêmes hérissées de petits cristaux. Le carbonate de chaux, l'urate de soude, etc., présentent des exemples (*pl.* 5, *b*, *c*, *d*).

371. — Parmi les groupements en aiguilles il faut signaler une disposition fréquente des cristaux de cystine provenant de sa solution nitrique, et de ceux d'acide hippurique précipité de l'hippurate de chaux par l'acide chlorhydrique, etc. Ce sont de longues aiguilles extrêmement fines, mais rares et écartées les unes des autres, implantées sur une masse amorphe, sphérique. Tantôt elles hérissent de toute part cette masse centrale, en sorte qu'elle ne repose jamais sur le fond du vase; elle en est toujours maintenue éloignée par les aiguilles implantées sur elle. D'autre fois cette masse ne porte d'aiguilles que sur une des moitiés de sa surface (*pl.* 34, *fig.* 1, *a*, *a*, *g*, *h*, *n*).

Toutes les fois que dans quelque opération d'analyse on ajoute de l'acide sulfurique au liquide, si celui-ci renferme quelques sels de chaux, il se forme du sulfate de cette base, lequel cristallise en prismes obliques rectangulaires ou rhomboïdaux. Ces prismes sont ordinairement minces et allongés, quelquefois groupés en rosaces. Mais on trouve toujours de véritables aiguilles, qui assez souvent sont implantées dans un amas ou peloton central de granulations amorphes, de la manière que nous venons d'indiquer. Au premier abord et en employant de très faibles grossissements, on pourrait s'en laisser imposer par ces configurations et les prendre pour des cristaux des principes nommés plus haut; mais la forme des autres cristaux accompagnant ces groupes d'aiguilles et les différences de solubilité dans tel ou tel réactif font facilement reconnaître de quel principe il s'agit.

372. — *Configuration en sablier* (*dumb bell cristals* des auteurs anglais). On donne ce nom à des groupes ou masses

cristallines formées par deux têtes sphériques ou hémisphériques réunies l'une à l'autre par une partie rétrécie. Comme leur nom l'indique, ces groupes ont la forme d'un sablier. Ils peuvent prendre des volumes très variables, et la longueur, comme la grosseur de la partie rétrécie médiane, n'est pas toujours en rapport avec celles des têtes renflées. Quelquefois ces dernières sont très volumineuses, d'autres fois elles sont très petites, et si la partie intermédiaire est grosse, proportionnellement le corps ressemble à un petit bâton renflé aux deux bouts. Le carbonate de chaux cristallisant dans les urines de Cheval et de Lapin, et l'urate de soude pur ou mêlé à de l'acide urique, sont les seuls principes immédiats qui présentent cette configuration. D'après Marvis Wilson, différents sels d'origine inorganique et des sels artificiels à acide végétal pourraient également prendre cette forme. Golding Bird prétend que l'acétate de chaux prend également cette forme; mais Frick a montré avec raison que, dans la composition de ces cristaux qu'on trouve quelquefois déposés en même temps que l'acétate calcaire, il n'entre pourtant pas de chaux. Il les considère, au contraire, comme formés par de l'acide urique, dont les cristaux sont en partie désagrégés. On peut de plus s'assurer que l'ébullition d'un liquide qui contient des cristaux d'acide urique fait quelquefois passer ceux-ci à cette forme, qui alors est moins régulière que dans les cas où il s'agit de cristaux formés spontanément. Dans l'urine humaine ces cristaux en sablier sont presque toujours formés d'un mélange d'urate de soude et d'acide urique. On peut alors, en traitant les cristaux par l'acide acétique, voir qu'ils deviennent très transparents, qu'ils cèdent au dissolvant une partie de leur substance, et ce qui reste est un peu d'acide urique qui conserve la forme de sablier, représentant ainsi une sorte de trame homogène de la masse première. Il est des masses cristallines d'urate de soude ayant cette forme dont les têtes peuvent être reconnues comme formées par de courtes aiguilles irradiées à partir de la portion rétrécie et fortement adhérentes ensemble. Il en est quelquefois quelques unes qui dépassent le reste de la masse;

celle-ci, dans certains cas, est même hérissée de pointes cristallines.

373. — *Trémies.* Ce sont des pyramides creuses composées de zones de petits cristaux qui vont successivement en diminuant de la base au sommet. Elles se forment principalement à la surface des solutions en voie d'évaporation, mais seulement quand on prépare les sels en grand. Il est par conséquent très rare d'en observer des exemples dans les principes immédiats.

374. — *Dendrites et arborisations.* Ce sont des groupements de petits cristaux réguliers ou spiculaires, disposés de manière à former des dessins ayant un aspect arborisé très variable, mais différent pour chaque espèce, et, par suite, caractéristique pour chacune de celles qui leur donne naissance. Il faut toutefois tenir compte de la rapidité avec laquelle a eu lieu l'évaporation, car elle influe plus ou moins sur la forme générale de ces dessins. Avec un peu d'habitude on reconnaît bien vite que le cachet particulier des dessins propres aux arborisations de chaque principe n'est pas changé pour cela, au point de porter à prendre un composé pour un autre. Le sel marin, quand il cristallise rapidement et en petite quantité, le chlorhydrate d'ammoniaque et beaucoup d'autres principes, présentent des exemples des configurations que nous venons de décrire. Ces arborisations semblent tantôt formées par la soudure d'aiguilles (cystine cristallisée dans l'acide azotique, *pl.* 34, *fig.* 1, *k*) ou de lamelles; tantôt elles résultent de l'agglomération de petits cristaux assez bien déterminés (chlorure de sodium). Ce sont alors des sortes de végétations cristallines ramifiées de diverses manières. On donne spécialement le nom de *configuration coralloïde* à ces groupements.

h. Masses amorphes.

375. — Enfin il y a des principes immédiats qui se présentent quelquefois en masses amorphes, ou sous forme de petites granulations ou poussière : tels sont beaucoup des prin-

cipes qui se déposent dans l'urine presque toujours dans des cas morbides. La nature de ces principes peut alors être précisée par l'emploi des réactifs chimiques, qui les décomposent et font précipiter à l'état cristallin quelques unes des substances qui les composent. Tel est le mélange d'urates de soude et d'ammoniaque qui se dépose en petites granulations visibles seulement au microscope, et dont on fait précipiter l'acide urique à l'aide d'un acide plus puissant, lequel s'empare de la soude et de l'ammoniaque. Il est à remarquer, du reste, que, pour chacun des principes qui se présentent sous forme de granulations très petites, il y a un volume presque constant pour chacune d'elles, et quelque chose dans la forme qui fait que l'aspect de ces granulations guide lui-même dans la détermination des composés dont il s'agit.

Une fois qu'on a, à l'aide des réactifs, déterminé la nature de ces couches amorphes, leur état, comparé à celui des autres principes, n'en guide pas moins pour arriver à les reconnaître.

i. Formes que prennent les principes non cristallisables, ou SUBSTANCES ORGANIQUES.

376. — Parmi les substances organiques, il en est qui, lorsqu'elles changent d'état, quand on les extrait de l'organisme, ne sont pas complétement amorphes. Ce sont celles surtout qui, étant à l'état liquide dans l'organisme, comme la fibrine et l'albumine, l'albuminose, la pancréatine, passent de l'état liquide à l'état solide par coagulation, soit spontanée, soit par élévation de température. Nous n'insisterons que sur la forme que prend la première; les autres, en effet, ne se coagulent qu'à 70 degrés, et prennent ordinairement l'aspect de masses striées et parsemées de granulations plus ou moins fines, microscopiques et très nombreuses. Il résulte de ces deux faits que c'est à d'autres caractères qu'il faut recourir pour les distinguer les unes des autres. La fibrine, au contraire, se prend en masses formées de fibrilles extrêmement minces, ayant environ 0,0008 de diamètre, rarement plus. Elles sont généralement

entrecroisées en tous sens, rarement rectilignes, mais plutôt onduleuses et flexueuses. Leurs bords ne sont pas souvent nets et leur surface paraît rugueuse. Elles sont parsemées de granulations de même nature qu'elles. Ces granulations, qui sont extrêmement fines, grises et douées du mouvement brownien quand elles sont libres, sont d'autant plus nombreuses que la fibrine est coagulée depuis plus longtemps. En faisant l'histoire de ce principe, nous aurons à étudier les différentes particularités que présentent ces fibrilles de la fibrine, suivant les conditions où elles se rencontrent dans l'économie. Nous aurons à décrire leur amincissement et leur pâleur, puis leur disparition graduelle au fur et à mesure que le caillot qu'elles forment dans les tissus ou à la surface interne d'une poche anévrismale devient plus ancien. La fibrine prend de plus en plus l'aspect d'une masse homogène d'abord encore striée, puis plus tard amorphe; les granulations deviennent en même temps de plus en plus abondantes, et elles ne diminuent de quantité que lorsque le caillot se résorbe. C'est ce qu'on peut constater dans les caillots apoplectiques du cerveau ou dans ceux qui remplissent quelquefois la cavité centrale du *corps jaune*. Il importe de signaler ces faits dès à présent, car cet aspect fibrillaire de la fibrine et les granulations qui la parsèment lui donnent un aspect particulier qui fait distinguer partout ce principe immédiat des éléments anatomiques, tels que fibres du tissu cellulaire, éléments fibro-plastiques, etc. Il permet ainsi de distinguer les pseudo-membranes proprement dites, c'est-à-dire non organisées, comme les membranes diphthéritiques, des *néo-membranes* ou membranes vasculaires vivantes, organisées, qui sont des membranes très réelles, mais de nouvelle formation.

II. — ÉTUDE DES CARACTÈRES D'ORDRE PHYSIQUE DONT ON TIRE PARTI POUR DISTINGUER LES PRINCIPES IMMÉDIATS APRÈS QU'ON LES A EXTRAITS DE L'ORGANISME.

1. — État. — Consistance. — Élasticité.

377. — La consistance et la sensation particulière que

donnent, au toucher, les corps désignés sous le nom de corps gras, soit neutres, soit acides, les fait distinguer facilement de presque tous les autres principes, mais seulement d'une manière générale. Il serait facile de trouver d'autres exemples analogues; mais ils appartiennent davantage à l'histoire particulière de chacun des principes qu'à leur histoire générale. Comme propriété opposée à l'onctuosité, il faut signaler l'*âpreté* ou *rudesse* au toucher que présentent quelques principes.

La consistance et l'élasticité ont quelque chose de spécial dans l'albumine, la fibrine, la musculine, etc., extraites de l'organisme, et ces caractères guident beaucoup pour distinguer ces corps les uns des autres. Elle tient à leur peu de cohésion et à leur structure homogène pour les uns, fibrillaire, lâche pour les autres; ce sont autant de particularités à prendre en considération dans leur étude, et dont quelques unes s'appliquent aux principes des corps gras.

378. — *Structure.* Chaque cristal d'un principe immédiat considéré isolément est tout à fait *homogène* et plus ou moins transparent, suivant qu'il est coloré ou incolore. Il est par conséquent alors *sans structure.* Il y a des principes immédiats, comme l'albumine, etc., qui sont dits sans structure, homogènes, *amorphes*, suivant l'expression reçue. Le clivage a fait reconnaître deux sortes de STRUCTURE RÉGULIÈRE, celle par *groupement* et celle par *accroissement.* Nul principe immédiat n'en présente d'exemple, il est donc inutile de s'y arrêter davantage.

La STRUCTURE IRRÉGULIÈRE est un état que présentent quelquefois les amas ou groupements cristallins dont nous avons parlé. Il est naturel, en effet, de trouver que les corps résultant de l'agglomération d'autres corps plus petits, et qui en conséquence ne sont pas homogènes, aient une structure spéciale. De là les dénominations de *structure lamelleuse*, *granulaire*, *dendritique*, *fibreuse*, *compacte*, etc., suivant que le corps est formé de lamelles, de granulations, d'aiguilles diversement disposées, etc. On donne même le nom de *structure d'accroissement* à certaines masses cristallines ou non, formées

par *agglomération* d'une ou plusieurs espèces de composés, disposés par couches concentriques ou à peu près autour d'une masse ou noyau central d'aspect variable. Il n'y a guère que les *produits morbides* solides, qui ont reçu le nom de *calculs* vésicaux, biliaires, etc., qui présentent cette disposition et pour lesquels on se sert du terme de structure par accroissement. La dénomination de *structure fibreuse, fibrillaire*, s'applique quelquefois aux amas de fibrine, etc., formés de fibrilles entrelacées en tout sens.

379. — La *cassure* et la *dureté* sont des caractères secondaires ; ce sont *des résultats*, d'une part de l'*état d'agrégation* des molécules dans chaque cristal, et d'autre part de la structure des masses cristallines. Celle-ci, comme on l'a vu, n'est elle-même qu'un résultat, variant suivant le mode de groupement des cristaux entre eux.

La *cassure* est l'aspect présenté par les surfaces d'un cristal ou d'une masse cristalline rompue. On la distingue en *compacte-lamelleuse*, *lamellaire*, *grenue*, fibreuse, *fibreuse rayonnée* et *schisteuse*. Son étude est plus rarement mise à profit pour l'étude des principes que pour celle des composés naturels ou artificiels qu'étudie la chimie ; cependant elle est quelquefois utilisée.

380. — Les coefficients d'*élasticité*, de *conductibilité* pour le calorique et de *dilatabilité* des corps cristallisés sous son influence varient suivant chacun d'eux, et il peut en être tiré parti utilement pour l'étude des composés en général. Mais la connaissance des lois relatives à ces phénomènes étant sans utilité directe pour l'étude des principes immédiats, il est inutile d'en traiter dans ce livre et pour les étudier il faudra recourir aux traités de minéralogie. Relativément à la conductibilité, c'est dans les recherches de M. de Sénarmont (1) qu'il faudra puiser les renseignements nécessaires, et qui montrent que les coefficients de conductibilité sont

(1) De Sénarmont, *Mémoire sur la conductibilité des substances cristallisées pour la chaleur* (*Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences de Paris*, t. XXV, 1848, Paris, in-4°, p. 459 et 707).

dans un rapport constant avec la disposition des axes de chaque type cristallin.

2. — Caractères distinctifs tirés de la pesanteur spécifique.

381. — La pesanteur spécifique des corps varie un peu suivant l'état moléculaire : ainsi, par exemple, elle est un peu plus grande pour la chaux carbonatée cristallisée que pour la chaux carbonatée lamellaire ou fibreuse. Réduites en poudre, ces substances ne diffèrent plus de pesanteur.

La plupart des principes immédiats ont une pesanteur spécifique peu considérable ; elle n'est, du reste, précisée que pour un certain nombre d'entre eux, et surtout pour ceux qui sont semblables aux corps tirés du règne minéral. Il est rare qu'on tire un très grand parti de ces notions dans l'étude des principes immédiats. Cependant dans les analyses on tient compte de la pesanteur spécifique plus grande ou moindre que celle de l'eau, ou plutôt que celle des solutions en voie d'évaporation. Dans quelques circonstances, en effet, on distingue certains principes les uns des autres par cela seul que les uns surnagent et les autres se précipitent au fond du vase. Toutefois il faut savoir que quelques substances plus lourdes que la solution peuvent surnager, étant tenues en suspension par d'autres de pesanteur moindre ; ou bien elles forment une couche à la surface du liquide, couche dont les fragments se précipitent lorsqu'on vient à la briser.

3. — Caractères thermologiques.

382. — Nous venons de parler d'une manière générale des phénomènes de conductibilité que présentent les principes immédiats cristallisés et de leur dilatation sous l'influence de cet agent. Il faudrait ici étudier encore au point de vue anatomique les changements d'état que peuvent présenter les principes immédiats cristallisés ou non sous l'influence de cet agent physique. Beaucoup d'entre eux peuvent passer de l'état solide à l'état liquide sans décomposition. Ce fait est suffisamment étudié en chimie pour qu'il soit inutile d'y revenir ici.

383. — M. Chevreul a reconnu que tel principe qui serait altéré, si on l'exposait dans l'air à une certaine température, peut être chauffé dans un tube plein de mercure à cette température et même au-dessus sans s'altérer. C'est un excellent moyen de sécher certaines substances organiques telles que l'amidon, le sucre, etc.

Il y a fort peu de principes immédiats qui s'altèrent à la température de 100 et 120 degrés, lorsqu'ils ne sont pas au contact de l'air.

Beaucoup de principes qui se décomposent en partie et se distillent en partie sans altération au contact de l'air passent en totalité sans altération hors du contact de l'air, pourvu qu'on n'en prenne pas une trop grande quantité, parce qu'alors la portion contiguë aux parois du vase se décompose. Les acides gras, l'oléine, la stéarine, la margarine, la cholestérine, etc., sont dans ce cas.

384. — Il est à remarquer que, parmi les composés qui sont des principes immédiats, il n'y en a pas un très grand nombre qui soient *volatils*, tandis que la plupart sont des corps solubles. Il n'y a guère d'autres principes doués d'une grande volatilité que les principes immédiats gazeux, l'eau et quelques acides gras odorants.

Quelquefois on tire parti, dans les expériences, de la volatilité et surtout de l'odeur des principes immédiats volatils pour les distinguer les uns des autres.

Nous avons vu, en étudiant les caractères que présentent les principes immédiats dans l'organisme, qu'ils conservent leur volatilité en dedans comme lorsqu'ils sont extraits; c'est là une des conditions d'existence des tissus et des humeurs (au même titre que la solubilité de la plupart des principes) sous le point de vue de leur double mouvement continu de composition et de décomposition.

385. — On donne le nom d'*efflorescence* à l'état pulvérulent blanchâtre que présentent certains sels dont l'eau de cristallisation s'évapore à la température ordinaire. C'est, comme on le voit, le résultat d'un fait physique, d'un changement d'état de

l'eau, qui de l'état liquide passe à l'état gazeux à une température peu élevée. C'est, par conséquent, à la suite des changements d'état que présentent sous les diverses influences thermologiques les substances chimiques, sans pour cela changer de nature élémentaire, qu'il doit être fait mention de cette propriété purement physique. Peu de principes immédiats en sont doués, si ce n'est quelques sels de soude qui, étant semblables aux principes qu'on trouve dans le règne minéral, n'exigent pas d'autres détails que ceux qu'on trouve dans les traités de chimie.

386. — Il ne faut pas être étonné de rencontrer dans le paragraphe précédent quelques faits relatifs au changement d'état des corps par la chaleur, et dans celui-ci quelques uns se rapportant à la théorie du mélange des gaz et vapeurs. C'est en effet à la section de la physique qui traite de la thermologie que se rapportent les faits concernant le mélange des gaz et des vapeurs; car ces faits se lient au changement d'état des corps, qui, par les variations de température, passent de l'état liquide à l'état gazeux. C'est de plus à la théorie des mélanges, dont le type le plus parfait est représenté par le mélange des gaz, que se rattache l'histoire de l'air, de même que e'est à la théorie des dissolutions que se rattache l'histoire naturelle de l'eau. La théorie de l'atmosphère est, ainsi qu'on le voit, essentiellement physique, celle de l'eau essentiellement chimique. A ce mélange d'une part, à cette combinaison de l'autre, se joignent, chemin faisant, en traitant de l'électricité, de la lumière, de la pesanteur, etc., des considérations nouvelles relatives à ces agents. La biologie ensuite, reprenant l'air et l'eau tels qu'ils sont, comme un tout, en tenant compte de toutes leurs propriétés d'ordre physique et chimique, fait l'histoire de ce qu'on appelle les *milieux*, lesquels sont ou gazeux et physiques essentiellement comme l'air, ou liquides et principalement chimiques comme l'eau, ou bien tenant de l'un et de l'autre comme les milieux que représentent la terre, le sable et la vase pour les animaux et les plantes qui les habitent.

387. — Il faut donc signaler ici la propriété que possèdent les principes immédiats gazeux (oxygène, azote, acide carbonique, vapeur d'eau) de se mélanger aux gaz de l'atmosphère, lorsqu'ils s'échappent de la surface des corps. C'est principalement lorsque les gaz dissous dans le sang sont remplacés par d'autres qui les déplacent, que l'on peut observer des phénomènes de mélange des gaz.

388. — Après les phénomènes de mélange des gaz se présentent ceux du mélange des liquides, lorsqu'ils n'exercent pas d'action chimique les uns sur les autres, ce qui est rare, et souvent il est difficile de préciser si le fait a lieu ou non. Du reste, la théorie du mélange des liquides ne pourra être bien faite que lorsque celle des dissolutions le sera elle-même, tandis qu'elle n'existe pas encore dans les traités de chimie.

389. — Nous ajouterons ici quelques faits qui ont été omis page 138, § 121. Les principes immédiats qui forment les corps gras ou graisses, mélangés entre eux, sont fusibles à la température de 10 à 25 degrés ; par conséquent, ils sont toujours liquides dans le corps de l'homme et des autres mammifères. L'abaissement de cette température, soit d'une manière générale, soit localement, les ramenant à l'état solide, empêche ou tout au moins rend difficile le double mouvement de composition et de décomposition que présentent tous les éléments; d'où des modifications nécessaires des phénomènes physiologiques dans ces tissus.

Les corps albumineux, sous l'influence de l'élévation de la température, jusqu'à 70 ou 80 degrés, passent de l'état liquide à l'état solide ; cette solidification se fait brusquement et d'une manière tout à fait spéciale pour ces substances. Aussi ce mode de solidification a-t-il dû recevoir le nom particulier de *coagulation*. L'abaissement de température, lorsqu'il n'est pas porté trop loin au-dessous de zéro, ne leur fait subir aucune modification. Il ne serait pas inutile, pour les expériences physiologiques, de poursuivre les modifications que peut faire subir à ces substances l'abaissement de température porté jusqu'à congélation ; mais c'est là un travail encore à faire.

Du reste, les divers changements apportés à l'état habituel des substances albumineuses par l'élévation ou l'abaissement de température, et par l'action de plusieurs autres agents physiques, comme l'électricité, etc., demanderaient à être repris d'une manière suivie, en se plaçant au point de vue anatomique; car les notions que nous possédons à cet égard sont encore incohérentes et peu précises.

4. — Caractères distinctifs tirés des propriétés électriques.

390. — Elles ne présentent rien de particulier dans les principes analogues aux composés minéraux et ont été peu étudiées dans les principes immédiats en général.

Les substances grasses sont de mauvais conducteurs pour l'électricité; on sait, de plus, que cette conductibilité n'est pas la même pour toutes ces substances. Il y a surtout de grandes différences entre les huiles végétales, qui ne sont pas de même espèce. Les matières azotées sèches sont de mauvais conducteurs. Elles sont coagulées par l'électricité comme par la chaleur, lorsqu'elles sont soumises à l'électricité dans les humeurs ou les tissus : plus tard nous aurons à examiner si ce fait est dû à une action spéciale de l'électricité. On sait, de plus, que sans faire intervenir cette action physique, la décomposition par l'électricité des sels dissous dans les humeurs amène la coagulation de l'albumine et de la fibrine vers le pôle positif, où se portent les acides des sels décomposés. Mais c'est un fait chimique qui se passe alors et qui sera étudié plus tard. L'élévation de la température produite par l'électricité de tension ou statique produit le même effet, mais physiquement comme la chaleur.

5. — Caractères distinctifs tirés des propriétés optiques.

391. — Parmi les propriétés optiques il faut considérer en premier lieu la *couleur*. Elle est propre au minéral ou elle est accidentelle.

A. *Couleur*.

392. — La *couleur propre* est constante : c'est un caractère important, car il est lié avec la composition chimique, et l'on en tire souvent parti pour la distinction des substances les

unes des autres. C'est ce qu'on peut observer pour l'acide urique, l'hématine et d'autres substances encore. Les colorations accidentelles se rencontrent dans les masses résultant du mélange de plusieurs substances, ou de ce que des cristaux se sont déposés dans un liquide tenant des matières colorées en dissolution. C'est ainsi que le nitrate d'urée et l'oxalate d'urée formés dans l'extrait d'urine par addition d'acide nitrique prennent une teinte jaunâtre; au contraire, obtenus à l'aide du mélange d'urée et d'acides purs, ils sont tout à fait incolores. Cependant certains cristaux se colorent fort peu, quoique déposés dans les mêmes conditions où d'autres se colorent beaucoup, en sorte que ces caractères différentiels sont quelquefois utilisés dans la pratique. Ces colorations accidentelles sont fréquentes dans les principes albumineux, fibrineux, ou les corps gras tels qu'ils viennent d'être extraits ; il est toujours nécessaire de les soumettre au lavage pour les ramener à leur couleur blanchâtre, opaque ou transparente, qui leur est propre. La couleur, quelle qu'elle soit, peut présenter diverses modifications : elle peut-être *irisée* ou *chatoyante*.

393. — La couleur des cristaux doit être étudiée non seulement par réflexion de la lumière à leur surface, mais aussi par *réfraction*, c'est-à-dire en faisant passer la lumière au travers du cristal, avant de la recevoir dans l'œil. Dans ce cas-là les couleurs sont souvent un peu différentes de ce qu'elles sont quand on les étudie par réflexion à la surface. Ce fait est surtout très marqué quand on examine les solutions de quelques sels colorés en rouge, en vert, etc.; du reste, la petite quantité de chaque principe qu'on obtient dans les recherches de laboratoire faisant que les cristaux obtenus sont toujours très petits et nécessitent l'emploi du microscope pour être vus, il en résulte que c'est ordinairement par *transparence* ou *réfraction* qu'on étudie leurs couleurs.

Ce que nous avons dit tout à l'heure par rapport aux colorations accidentelles se rapporte également aux cristaux observés par transparence. Il faut savoir, de plus, que les cris-

taux qui, réunis en quantité assez considérable pour être vus à l'œil nu, ont ainsi une couleur foncée, ne présentent plus qu'une légère teinte colorée lorsqu'ils sont vus isolément au microscope, par réfraction. Cette teinte est plus ou moins prononcée, suivant le volume des cristaux ; on peut en rencontrer fréquemment des exemples en étudiant les cristaux d'acide urique.

Un autre fait très important est le suivant. Beaucoup de cristaux, quoique incolores vus par réflexion ou par transparence, présentent sous le microscope, lorsqu'on les compare les uns aux autres, des différences de réfraction qui, avec un peu d'habitude, les font distinguer facilement pour appartenir à des composés de nature différente. Tantôt c'est une légère teinte jaunâtre ou couleur d'ambre (*teinte ambrée*) qui se voit dans les parties qui réfractent le plus fortement la lumière, suivant la situation du cristal, tandis que les arêtes sont de teinte très foncée, noirâtre : c'est ce dont plusieurs espèces de corps gras présentent des exemples.

D'autres fois c'est une teinte blanche tirant sur le mat, avec des arêtes peu foncées : c'est ce que montre la créatine. Pour quelques uns, c'est une transparence d'un autre genre, plus ou moins nette ou tirant un peu sur le gris : tels sont les cristaux de phosphate ammoniaco-magnésien, etc. Ces différences, difficiles à faire sentir par la description, finissent par être appréciées très facilement par l'observateur, et sont d'une grande importance pour la distinction des divers principes, lorsqu'on tient compte en même temps de quelques uns des autres caractères géométriques, physiques ou chimiques.

Quelquefois une même substance peut cependant présenter un aspect ou une teinte différente, suivant les conditions dans lesquelles elle cristallise ; c'est ce qui fait que jamais un seul ordre de caractères ne peut suffire pour la détermination des espèces de principes immédiats. Le sel marin, par exemple, lorsqu'il cristallise dans un extrait éthéré ou alcoolique de sang, donne lieu à la formation d'octaèdres ou d'aiguilles terminées

par des pyramides à quatre faces, dont la teinte est jaunâtre, ambrée comme celle des corps gras ; mais ici les caractères tirés de la polarisation et double réfraction enlèvent toute espèce de doute sur la nature du composé. Pour d'autres substances, c'est la forme des cristaux, leur solubilité dans tel ou tel agent, etc., qui guident l'anatomiste.

B. *Réfraction simple et double de la lumière.*

394. — On donne le nom de *réfraction* au fait du changement de direction qu'éprouve tout rayon lumineux qui ne tombe pas perpendiculairement à la surface d'un milieu, tel qu'un cristal ou un liquide, etc. Maintenant cette déviation du rayon lumineux étant plus ou moins forte, suivant la nature du composé, la détermination de la valeur de l'*indice de réfraction* (rapport constant entre le sinus de l'angle de réfraction dans le cristal et le sinus de l'angle d'incidence hors du cristal) peut conduire à distinguer nettement ces corps les uns des autres. Il suffit, en effet, de mesurer la valeur de cet indice pour la substance qu'on a sous les yeux, et de la comparer aux tables établies expérimentalement, contenant l'indice de réfraction de la plupart des substances connues. Cette mesure ne pouvant être faite pour les principes immédiats, vu le petit volume des cristaux qu'ils fournissent dans les analyses anatomiques, il est inutile de s'étendre davantage sur ce sujet.

395. — *Double réfraction de la lumière.* Il y a des substances dans lesquelles le rayon de lumière qui les traverse non seulement se réfracte, mais encore se divise en deux rayons distincts, c'est-à-dire que lorsqu'on regarde un objet à travers l'un de ces corps, on le voit double. C'est ce que montrent les rhomboèdres de carbonate de chaux ou spath d'Islande. On donne le nom de *rayon* ou *image ordinaire* à celui qui suit les lois ordinaires de la réfraction, et de *rayon* ou *image extraordinaire* à celui qui suit d'autres lois, c'est-à-dire qui s'écarte plus ou moins que l'autre de la verticale ou normale au point d'incidence.

Il n'y a que les substances cristallisant dans le type cubique ou premier type, comme le sel marin et les substances non cristallisées, comme le verre, qui jouissent de la réfraction simple.

Les cristaux appartenant aux cinq autres types présentent le phénomène de la double réfraction.

396. — Le phénomène de double réfraction ne se manifeste pas indifféremment dans tous les sens. On reconnaît sur les cristaux convenablement taillés que pour certaines espèces de corps il y a *une* direction dans laquelle on ne voit qu'*une seule image*, c'est-à-dire suivant laquelle la lumière ne se divise pas, et que pour les autres il y a *deux* directions de cette espèce.

On donne le nom de *lignes neutres*, axes de *simple réfraction*, *axes optiques* à ces directions. On voit d'après ce qui précède qu'il y a des cristaux à un seul axe optique, et d'autres à deux axes optiques.

Quand il n'y a qu'un seul axe, comme dans le carbonate de chaux, il se confond toujours avec l'*axe de cristallisation*, c'est-à-dire celui qui est choisi pour être placé verticalement lorsqu'il s'agit de déterminer la situation d'un cristal. Pour le carbonate de chaux, c'est l'axe qui joint les deux angles sommets, ou grand axe abaissé verticalement sur les trois axes égaux et obliques l'un sur l'autre. Du reste, toutes les lignes *parallèles à l'axe ou aux axes optiques*, qu'on peut supposer dans l'épaisseur du cristal, jouissent de la même propriété que lui : ainsi, quelle que soit l'obliquité du rayon incident, qu'il entre par une face naturelle ou une face artificielle, il n'éprouve jamais de double réfraction quand il traverse le cristal suivant son axe, c'est-à-dire suivant cet axe même ou les lignes qu'on peut tirer parallèlement à lui dans son épaisseur. Quand il y a deux axes optiques, la ligne moyenne entre eux deux est un des axes de cristallisation.

Toutes les substances biréfringentes qui ont une seule ligne neutre appartiennent au type rhomboédrique (quatrième type) ou au prismatique droit à base carrée (deuxième type). Tous

les cristaux qui ont deux axes optiques appartiennent aux trois autres types, savoir les troisième, cinquième et sixième, c'est-à-dire les types dans lesquels toutes les faces verticales ne sont pas ordonnées autour d'une ligne unique, à égale distance de laquelle elles seraient disposées. Dans ces cristaux les deux rayons résultant de la double réfraction sont tous deux réfractés extraordinairement, c'est-à-dire qu'il n'y a plus de rapport constant entre le sinus de l'angle d'incidence et le sinus de l'angle de réfraction.

On voit, d'après la situation des axes optiques, qu'il y a une relation intime entre la forme cristalline des composés chimiques et leurs propriétés optiques.

Nous étudierons bientôt la manière dont on peut reconnaître si un cristal réfracte simplement la lumière, ou s'il est biréfringent. Nous distinguerons même ceux qui, parmi ces derniers, ont un seul ou deux axes optiques, c'est-à-dire un seul ou deux axes suivant lesquels la lumière est simplement réfractée, sans division en deux rayons. Ces faits sont utiles à savoir, puisqu'ils peuvent servir à faire reconnaîtr si des corps appartiennent au premier type, au deuxième et au quatrième, ou bien aux trois autres.

C. *Polarisation de la lumière par les cristaux.*

397. — On donne le nom de *polarisation* à une propriété secondaire de la lumière caractérisée par une *modification dans l'intensité* de la réflexion d'une part, et aussi de la réfraction, laquelle modification se manifeste dans certaines conditions nettement déterminées. Il y a, comme on le voit, deux sortes de polarisations : une par réflexion et l'autre par réfraction ; absolument comme il y a une réflexion et une réfraction de la lumière. Il faut maintenant exposer les conditions particulières qui modifient ainsi la réflexion et la réfraction.

398. — *a. Polarisation de la lumière par réflexion.*

Elle consiste en ceci, que : tout faisceau lumineux réfléchi par une surface polie sous l'angle d'incidence de 35° 25′ ne

peut plus être réfléchi par une autre surface qu'il rencontre sous la même incidence (35° 25′), pourvu que cette surface soit perpendiculaire au plan de réflexion du faisceau sur la première surface.

La lumière polarisée ainsi par une première réflexion a encore une autre propriété qui concerne la manière dont elle est réfractée. Si au lieu de la recevoir sur une glace, elle tombe sur un cristal biréfringent dont la section principale est parallèle ou perpendiculaire au plan de réflexion du faisceau de lumière, celle-ci n'est pas biréfractée. Elle traverse le cristal sans se diviser ; mais elle présente une particularité qu'il faut signaler. Le faisceau transmis dans le cristal dont la section principale est parallèle au plan de réflexion suit dans sa réfraction simple les lois du *rayon ordinaire;* si au contraire la section principale est perpendiculaire au plan de réflexion, le faisceau suit dans sa réfraction simple les lois du *rayon* extraordinaire. La lumière non polarisée, au contraire, donne toujours deux images, si ce n'est quand elle traverse le cristal parallèlement à son axe optique.

Le faisceau polarisé se bifurque comme un faisceau de lumière naturelle quand la section principale du cristal n'est ni parallèle, ni perpendiculaire au plan de réflexion. Il faut cependant savoir que les deux subdivisions du faisceau, au lieu de rester d'égale intensité, comme dans le cas de la lumière naturelle, sont au contraire d'intensité inégale, si ce n'est dans le cas où la section principale fait un angle de 45 degrés avec le plan de réflexion du faisceau polarisé.

Dans les *cristaux à deux axes optiques* nous avons vu que les deux rayons réfractés sont *extraordinaires*. Or ici également le faisceau polarisé tombant sur le cristal ne se divise pas quand la section principale est parallèle au plan de polarisation ou perpendiculaire à ce plan ; mais on observe ce fait remarquable, que dans le cas où la section principale est parallèle au plan de polarisation, l'un des rayons extraordinaires reprend dans sa réfraction les lois ordinaires ; et quand elle est perpendiculaire, c'est l'autre rayon extraordinaire qui se réfracte

comme de la lumière non polarisée dans un cristal à simple réfraction.

399. — *b. Polarisation de la lumière par réfraction.*

C'est une modification apportée par certaines conditions spéciales à l'intensité de la lumière réfractée. Ces conditions tiennent, comme pour la polarisation par réflexion, soit à la disposition géométrique et mécanique des appareils employés, soit à la nature des milieux que traverse la lumière. On peut obtenir cette modification d'intensité dans les cas de simple réfraction, mais on l'obtient aussi et surtout dans les conditions de double réfraction.

400. — La *polarisation par réfraction simple* s'obtient en faisant traverser à un faisceau de lumière une pile de plaques de verre au lieu de la *réfléchir* sur une glace sous l'angle de 35° 25′ ; alors le faisceau émergent reçu sous ce même angle par une glace perpendiculaire au plan d'émergence n'est plus réfléchi et s'éteint ; ce qui est le caractère de la polarisation. Il est possible de constater ce fait par d'autres moyens encore ; mais qui sont inutiles à connaître pour le but de ce livre. Les cheveux, l'émail des dents, beaucoup de substances organiques fossiles, les vésicules adipeuses polarisent aussi la lumière, comme le feraient des piles de lames de verre à faces parallèles.

401. — La *polarisation par double réfraction* est caractérisée par ce fait, que tout faisceau lumineux biréfracté par un cristal est polarisé par ce fait même, quelquefois l'angle sous lequel il rencontre le cristal. Ainsi considérant à part les deux rayons, on voit que le *rayon ordinaire* reçu sur un miroir sous l'angle de 35° 25′ s'éteint quand le plan du miroir est perpendiculaire à la section principale du cristal, et il a son maximum de réflexion quand il est parallèle. Si on le reçoit sur un cristal biréfringent, il se divise de nouveau en deux faisceaux d'inégale intensité si les sections principales sont obliques l'une sur l'autre, et d'égale intensité toutefois quand on arrive à l'angle de 45 degrés ; si les deux sections principales sont parallèles, ce n'est plus qu'un rayon ordi-

naire qui passe et le rayon extraordinaire s'éteint ; s'ils sont perpendiculaires, ce n'est qu'un rayon extraordinaire. Ainsi ce rayon ordinaire polarisé par un premier cristal biréfringent, et reçu à la surface d'un second, se comporte comme un faisceau de lumière polarisée par réflexion qui tomberait sur un cristal biréfringent.

Le *rayon extraordinaire* se comporte de même que le précédent ; toutefois c'est quand les deux sections principales sont perpendiculaires que ne passe plus qu'un rayon ordinaire, et, quand ils sont parallèles, c'est le rayon extraordinaire qu'on voit, tandis que l'autre s'éteint.

Pour les cristaux à deux axes, on observe pour chacun des deux rayons extraordinaires reçu sur un cristal biréfringent des faits analogues à ceux que nous avons signalés à propos de la lumière polarisée par réflexion.

402. — On voit, d'après ce qui précède, que si au prisme de Nicol, qui, ainsi qu'on le sait, ne laisse passer qu'un rayon extraordinaire, on superpose un rhomboèdre de carbonate de chaux, on ne verra qu'une image quand les sections principales de ces deux prismes seront parallèles ou perpendiculaires ; on verra deux images quand ces sections ne seront plus disposées de la sorte. Si lorsqu'on en voit deux on vient, par un mécanisme quelconque, à en cacher une aux yeux de l'observateur, celle qui reste disparaîtra dès qu'on rendra les sections principales rectangulaires ou parallèles. C'est là l'effet qu'on obtient avec l'appareil polarisateur applicable au microscope décrit dans l'introduction à cet ouvrage (1). Si à ces deux prismes on interpose un cristal biréfringent, et par suite polarisant la lumière, lorsque toute lumière a disparu on verra celle-ci reparaître dans toute l'étendue du cristal, parce qu'à la place du rayon éteint par suite de la disposition réciproque des deux prismes, ce cristal en laisse passer un qui est de nature différente. Il faut pour cela, de toute nécessité, que la section principale du cristal interposé ne

(1) Ch. Robin, *Du microscope*, etc. Paris, 1849, 1re partie, p. 122. In-8°.

soit ni parallèle ni perpendiculaire à celle des prismes de l'appareil, et soit par conséquent oblique sur eux, condition facile à remplir. Autrement le cristal s'éteint en même temps que l'image circulaire que donne l'appareil, et s'éclaire aussi en même temps qu'elle.

La section principale du cristal examiné étant oblique à celle des prismes, on voit le cristal s'éclairer quand l'image circulaire de l'appareil s'éteint; quand en faisant tourner la pièce supérieure de l'instrument cette image vient à s'éclairer, le cristal au contraire s'éteint à son tour. Quant aux substances dont les cristaux ne polarisent pas, elles ne sont visibles qu'autant que l'image circulaire est éclairée, et elles s'éteignent en même temps qu'elles.

Il faut, du reste, être prévenu que la polarisation n'est jamais absolument complète, en sorte que les cristaux ne s'éteignent jamais tout à fait entièrement. Ce procédé est celui qu'on emploie pour reconnaître dans l'étude des principes immédiats les substances qui polarisent et celles qui ne polarisent pas, ce qui guide pour en déterminer le type cristallin, et par suite la nature chimique.

Ainsi, tout principe dont les cristaux s'éteignent quand l'image s'éteint, et réciproquement, est doué de la réfraction simple, il appartient au premier type cristallin ; on dit de lui qu'il ne polarise pas la lumière.

Tout principe, au contraire, dont les cristaux s'éclairent quand l'image circulaire de l'appareil s'éteint, et réciproquement, est doué de la double réfraction ; il polarise par conséquent la lumière, et appartient aux autres types cristallins. On n'a, pour le constater, qu'à faire tourner la pièce supérieure de l'appareil polarisateur, et à faire mouvoir circulairement la plaque porte-objet quand un cristal ne polarise pas, afin de voir si sa section principale ne coïncide pas avec celle des prismes de l'appareil. Lorsque ce fait a lieu, le moindre dérangement donne au cristal l'obliquité de situation qu'il doit avoir pour paraître éclairé.

403. — *c. Coloration de la lumière polarisée.*

Un faisceau de lumière blanche polarisée par le prisme de Nicol, par exemple, se colore des plus vives nuances du spectre toutes les fois qu'il traverse une lame de substance biréfringente, taillée parallèlement à son axe de polarisation, ou un cristal vu par les faces parallèles à son axe. Il faut, pour cela, que ces substances soient placées dans l'appareil de Norremberg, ou soumises au microscope en employant l'appareil indiqué ci-dessus. Il faut, de plus, que l'épaisseur des plaques ou cristaux ne dépasse pas $0^{mm},45$ pour les cristaux à deux axes optiques, et une épaisseur moindre pour ceux à un seul axe.

Ces conditions se rencontrent souvent dans les cristaux des principes immédiats ; on peut donc observer sur eux ces phénomènes de coloration qui, lorsqu'ils existent, rendent plus facile l'observation des phénomènes de polarisation.

Lorsqu'avec la pièce supérieure de l'appareil polarisateur on n'éteint pas l'une des images, on voit toujours deux images circulaires de l'ouverture, et de plus ces images sont colorées des couleurs complémentaires. La vivacité des couleurs est très faible quand l'angle des sections principales est voisin de zéro et de 90 degrés ; elle croît en rapprochant de 45 degrés, et c'est à cette époque que la coloration des images est la plus vive. On a pu voir dans la description de l'appareil pourquoi, au lieu de voir quatre images de l'ouverture, puisque le cristal examiné est biréfringent, ainsi que le prisme supérieur, on n'en voit qu'une. Le faisceau extraordinaire de lumière polarisée sortant du prisme de Nicol éprouve réellement une double réfraction en traversant les cristaux ; mais les deux faisceaux émergents ne se séparent pas sensiblement, à cause de la faible épaisseur de ces cristaux, de sorte que le prisme supérieur ne reçoit qu'un seul faisceau de lumière, comme lorsqu'on n'a pas interposé de cristal. Ces phénomènes sont très curieux quand, en laissant à découvert les deux images de l'ouverture, on laisse les substances interposées en position fixe, et qu'on fait tourner lentement le prisme en le laissant perpendiculaire au plan de polarisation.

404. — *Distinction des cristaux à un axe de ceux à deux axes.* L'action de l'appareil ne se borne pas à révéler la double réfraction, elle donne en outre le moyen de distinguer les substances qui ont deux axes optiques de celles qui en ont un seul. En effet, dans ces dernières, la partie du cristal devenue claire présente, quand les conditions d'homogénéité des cristaux et de parallélisme des faces sont suffisantes, une série d'anneaux colorés traversés généralement par une croix noire, qui s'étale à ses extrémités sous forme de pinceau.

Pour les substances à deux axes, les anneaux colorés sont traversés par une barre noire. La forme des anneaux, qui est circulaire pour les cristaux à un axe, est presque toujours elliptique pour ceux à deux axes.

Il faut savoir, du reste, que les conditions de parallélisme des faces qu'on obtient en taillant artificiellement une lame cristalline pour l'examiner avec l'appareil se rencontrent rarement dans l'étude des principes immédiats, vu la petitesse des cristaux, et la disposition en amas cristallins qu'ils présentent souvent.

405. — *d. Polarisation circulaire.*

Définition. On donne le nom de POLARISATION CIRCULAIRE à une *modification* spéciale des propriétés de la *lumière polarisée*, qui lui est imprimée par certaines conditions physiques de réflexion, et par réfraction au travers de quelques substances solides, liquides ou gazeuses.

Cette modification de la lumière polarisée est caractérisée par ce fait, que son plan de polarisation est déplacé soit à droite, soit à gauche : on dit qu'il a *tourné* à droite ou à gauche.

On constate cette modification de situation du plan de polarisation en recevant la lumière polarisée, et modifiée par les moyens décrits plus bas, sur un prisme biréfringent achromatisé, dont la section principale est perpendiculaire ou parallèle au plan de polarisation ; alors, au lieu d'éprouver la réfraction simple, comme elle devrait le faire, elle est biréfractée. Elle présente deux images, comme le fait la *lumière pola-*

risée rectiligne, ou non modifiée, quand la section principale est oblique sur le plan de polarisation. Mais alors, si l'on fait *tourner* de quelques degrés la section principale du spath à droite ou à gauche, selon les substances, de manière à la rendre oblique sur le plan de polarisation primitif, il arrive un point où la lumière traverse le cristal sans se diviser; elle ne présente plus qu'une image. Ainsi il est donc juste de dire que le plan primitif de polarisation a été déplacé soit à droite, soit à gauche, qu'il a *tourné* d'un côté ou de l'autre, puisqu'il ne coïncide plus avec la section principale du spath d'Islande. Il faut en effet faire tourner le cristal biréfringent d'un certain nombre de degrés pour que les choses se passent comme si la section principale était perpendiculaire au plan primitif de polarisation.

406. — Il suffit de faire *réfléchir* de la lumière polarisée deux fois sous l'angle de 54 degrés pour qu'elle présente les phénomènes de polarisation circulaire ou de déplacement du plan primitif de polarisation. La réflexion faite dans ces conditions suffit pour que la lumière polarisée, traversant un cristal de roche à section principale perpendiculaire au plan primitif de polarisation, il y ait double réfraction au lieu de simple, et pour qu'il faille faire tourner ce cristal afin d'obtenir la réfraction simple. Mais la *polarisation circulaire par réflexion* nous étant inutile, il n'est pas nécessaire de s'en occuper ici.

407. — *Pouvoir rotatoire*. On appelle *pouvoir rotatoire* d'un solide, d'un liquide ou d'un gaz, la propriété dont est douée ce corps de modifier le plan primitif de polarisation de la lumière polarisée qui le traverse de la manière que nous avons indiquée. On dit *moléculairement actifs* les corps doués du pouvoir rotatoire, et *moléculairement inactifs* les corps qui sont dépourvus de cette propriété. De toutes les substances inorganiques examinées jusqu'à présent, le quartz est la seule qui produise la rotation du plan de polarisation; mais plusieurs substances d'origine organique jouissent de la même propriété, à l'état liquide surtout, mais aussi à l'état solide et à l'état gazeux.

Pour examiner les liquides et les gaz, on modifie l'appareil de Norremberg de manière qu'au miroir polarisant et au prisme biréfringent ou *analyseur* on puisse interposer un tube de 10 à 40 centimètres, terminé par deux glaces à faces parallèles. On emplit ce tube de la substance à examiner, on le pose à la place que les lames de quartz occupaient dans l'appareil, et on le fait traverser par la lumière polarisée, de manière qu'elle frappe perpendiculairement sur les glaces qui en bouchent les extrémités. Le prisme biréfringent est placé à l'extrémité de l'axe du tube, de manière que la lumière pénètre perpendiculairement la face sur laquelle elle arrive. Il est enchâssé à la base d'une alidade dont l'axe longitudinal coïncide avec la section principale du prisme. Le prisme peut, en conséquence, tourner à droite et à gauche avec l'alidade; il tourne ainsi autour de l'axe du faisceau, réfléchi en lui, demeurant toujours perpendiculaire. L'extrémité libre ou index de l'alidade court sur un cercle gradué, et l'extrémité fixe portant le prisme est placée au centre du cercle divisé. Le plan du cercle est perpendiculaire au plan que suit le rayon polarisé, ou plan de polarisation. Le plan de réflexion ou plan primitif de polarisation est vertical, et le zéro des divisions tracées sur le cercle est placé au sommet supérieur du cercle même. De là résulte qu'en plaçant l'index de l'alidade sur le zéro, la section principale du prisme coïncide avec le plan de réflexion. Alors, quand l'appareil est vide ou que les tubes creux sont pleins d'une substance *moléculairement inactive*, c'est-à-dire sans pouvoir rotatoire, l'image extraordinaire est éteinte, et l'on ne voit qu'une image qui est l'image ordinaire. En inclinant l'alidade à droite ou à gauche, comme elle entraîne le prisme qui tourne avec elle, la coïncidence n'a plus lieu et l'image extraordinaire reparaît; en arrivant au 90e, 180e ou au 270e degré, elle persiste, et c'est l'autre qui disparaît. La succession des images ordinaires et extraordinaires que ce mouvement développe dans les différentes directions où l'on amène l'alidade fait connaître

l'état de polarisation plus ou moins complet du faisceau réfléchi.

Au contraire, en remplissant les tubes de substances douées du pouvoir rotatoire ou *moléculairement actives*, lorsque l'alidade est sur le zéro du cercle gradué, on aperçoit deux images, et il faut la faire tourner (et avec elle tourne le prisme) un peu à droite ou un peu à gauche pour faire disparaître l'image extraordinaire et voir l'image ordinaire seule, comme on la voyait primitivement avant l'interposition des substances essayées. Si l'on dépasse ce point, l'image extraordinaire reparaît.

Il y a des substances qui *dévient le plan de polarisation* à gauche, d'autres le dévient à droite : de là les expressions de *substances qui polarisent à gauche ou à droite*, qui *dévient à gauche ou à droite*. L'arc parcouru par l'alidade depuis le point zéro du cercle jusqu'à ce qu'on ne voie plus qu'une seule image, comme primitivement, mesure l'*angle de déviation* que le plan de polarisation a subi vers la droite ou vers la gauche de l'observateur.

L'*angle de déviation* varie avec chaque espèce de substance chimiquement différente. Il varie même dans certaines substances isomères, ce qui indique une différence dans la constitution intime de chaque *molécule intégrante* complexe ; différence que l'analyse chimique pondérale ne peut indiquer, mais que l'analyse optique, si l'on peut ainsi dire, vient dévoiler. C'est ce qu'on observe pour l'essence de térébenthine et celle de citron, qui dévient la première à gauche, la seconde à droite ; pour le sucre de canne et la dextrine qui dévient aussi à droite, mais avec une intensité différente ; tandis que la gomme arabique et l'inuline, isomères aux composés précédents, dévient à gauche. Aussi l'emploi de la polarisation circulaire devient un moyen des plus importants de distinguer les unes des autres les substances de nature différente, moyen qu'il faut joindre à l'emploi de la lumière polarisée directe et à la détermination de la forme. La polarisation

circulaire est un moyen d'autant plus important qu'il s'applique surtout aux substances dont la composition est très complexe, et dont la cristallisation est difficile à obtenir.

On peut observer en outre le progrès continu de l'agrandissement de l'angle de déviation proportionnellement aux épaisseurs des solides et aux longueurs des colonnes de liquides de même densité traversées par le rayon polarisé. Pour chaque dissolution le plan primitif de polarisation est dévié d'une quantité angulaire exactement proportionnelle au point de la substance dissoute que le rayon a traversé. Ces faits assimilent cet agrandissement continu de la déviation à une rotation du plan de polarisation autour de l'axe du solide, ou des colonnes de liquides qu'on étudie. La déviation reste invariable quand on agite le liquide dans son tube, ou qu'on écarte ses molécules intégrantes les unes des autres, en le mêlant avec des liquides sans pouvoir rotatoire, pourvu qu'ils n'agissent pas chimiquement sur lui. On peut, par conséquent, juger des quantités d'une substance moléculairement active dissoute dans des liquides divers, mais inactifs, en expérimentant avec un même tube de capacité invariable. On tire très souvent parti de ces propriétés pour apprécier la quantité proportionnelle des principes immédiats contenus dans les humeurs ou dissous dans tels ou tels liquides. Comme la *déviation du plan de polarisation est inégale pour les rayons de diverses réfrangibilités*, ce qui ôte de la netteté aux images, on interpose entre le prisme et l'œil une plaque de verre rouge coloré par le protoxyde de cuivre, qui ne transmet que les rayons rouges, voisins du rouge extrême du spectre. Tout l'appareil doit être placé dans une chambre obscure et le miroir réflecteur ou polarisateur doit seul être éclairé par la lumière des images ; autrement on ne peut voir les images. La polarisation circulaire affectée par des liquides montre que l'action est indépendante de l'arrangement des molécules du corps et appartient essentiellement à chacune d'elles en particulier.

Applications de la connaissance du pouvoir rotatoire à l'étude de la nature chimique des principes immédiats.

408. — On reconnaîtra facilement, d'après ce qui précède, l'importance de l'emploi des caractères physiques des corps pour en déterminer la nature, et combien l'étude du pouvoir rotatoire constitue un moyen plus délicat et plus précieux que beaucoup de réactifs chimiques pour apprécier les modifications survenues dans leur composition moléculaire. A l'aide de ce moyen, on peut constater d'une part que les dissolutions sont des combinaisons. D'autre part, que celles-ci ne se font pas en proportion absolument indéfinie ; car il arrive un moment où l'un des corps cesse de se combiner à l'autre, et dès lors se *mélange* au composé, sans plus modifier des molécules intégrantes, ce qui est indiqué par la cessation des changements de leurs propriétés optiques rotatoires, changements qui jusqu'alors avaient été *continus*.

S'il n'y avait pas combinaison à mesure de l'addition d'eau, si cette augmentation de la déviation était due à un simple écartement des molécules par l'eau interposée, l'addition continue d'eau devrait aussi augmenter *continuellement* la déviation, et ne jamais s'arrêter.

Ce n'est pas un trop grand écartement des molécules qui fait que la déviation par l'acide tartrique très étendu cesse, puisque les mêmes substances, à l'état liquide et à l'état gazeux, dévient également le plan de polarisation. Ici la déviation augmente à mesure qu'on ajoute de l'eau qui écarte les molécules, et cesse tout d'un coup, tandis que les solides (le quartz) dont les molécules sont bien plus rapprochées dévient trente-six fois plus que le sirop de sucre, qui pourtant est le liquide dont le pouvoir rotatoire est le plus fort.

Jusqu'à présent on n'avait pas de moyen très précis de distinguer l'état de dissolution de celui de combinaison; on était forcé de se borner à l'emploi des réactifs chimiques. Or, ceux-ci faisaient croire à cette différence, paraissant alors nécessairement essentielle, entre les deux états, que le pre-

mier maintient intactes toutes les propriétés chimiques de chaque substance, tandis que l'état de combinaison les altère toujours plus ou moins. Les moyens physiques constituant de véritables réactifs plus délicats que les précédents montrent que cette différence n'est pas essentielle. En effet, les dissolutions et les *autres combinaisons* modifient d'une manière analogue le pouvoir rotatoire des corps d'origine organique, lors même que la plupart des autres propriétés sont conservées ; et nous savons que ces modifications ne tiennent pas à un simple changement physique, mais à une combinaison.

Du reste, déjà sous tout autre rapport il devait paraître impossible de ne pas regarder, ainsi qu'on le propose, le phénomène de la dissolution comme un phénomène vraiment chimique. Les dissolutions, aqueuse, alcoolique, éthérée, etc., présentent évidemment, d'une manière tout aussi prononcée que les combinaisons elles-mêmes, ces caractères électif et spécifique, propres aux affections chimiques, qui font que l'oxygène, par exemple, se combine facilement avec le soufre, la potasse, le fer, etc., et difficilement avec le fluor, le platine, l'or, etc.

409. — Par ces procédés optiques si délicats dus à M. Biot, on peut démontrer encore : 1° l'influence des moindres changements de composition chimique sur le pouvoir rotatoire ; 2° que les composés définis se comportent par rapport à la lumière polarisée autrement que les substances indéterminées.

Ainsi lorsque la dextrine se saccharifie sous l'influence des acides aidés de la chaleur, elle devient cristallisable ; ce n'est plus une substance indéterminée, c'est un composé défini. Or en même temps son pouvoir s'affaiblit subitement sans changer de sens. Dans les mêmes circonstances, celui de la gomme s'intervertit. Le pouvoir du sucre de canne s'intervertit pareillement, mais en sens contraire, par l'action des acides aidée au besoin d'une élévation de température : en présence de l'acide paratartrique, l'inversion a lieu instantanément,

même à froid. Ainsi la lumière polarisée peut servir à manifester, dans ces circonstances et beaucoup d'autres, des modifications chimiques qui surviennent, souvent sans produire d'autres variations de caractères apparentes aux moyens habituels (1).

410. — Beaucoup de principes immédiats dévient le plan de polarisation de la lumière, ou, si l'on veut, jouissent du pouvoir rotatoire. Mais il faut d'abord connaître ceux d'entre eux qui sont inactifs et les dissolvants qui sont dans ce cas.

L'eau, l'alcool, tous les acides, moins l'acide tartrique, ses sels et les dérivés de l'acide tartrique, restent sans action sur la lumière polarisée. D'après ce que nous avons dit précédemment, il est facile de voir qu'on peut se servir de ces liquides comme dissolvant des substances qui sont moléculairement actives sur la lumière polarisée. Des liquides tenant déjà des acides et des sels inorganiques en dissolution peuvent également servir de dissolvant, puisque, à part le quartz, nulle substance d'origine inorganique ne jouit du pouvoir rotatoire.

Parmi les principes immédiats qui dévient le plan de polarisation, les plus importants à connaître sont le sucre de diabète et les autres sucres qui dévient à droite, mais chaque espèce avec une intensité différente.

L'albumine du sang, celle du blanc d'œuf, dévient le plan de polarisation à gauche. Il faut pour les recherches où ces deux substances, où d'autres dévient également en sens contraire, se trouvent mêlées, ne pas oublier que par leur mélange on peut obtenir un liquide neutre, c'est-à-dire, ne déviant ni à droite ni à gauche et ne donnant qu'une image quand l'alidade est sur zéro. Ainsi en prenant deux substances qui dévient l'une à droite, l'autre à gauche, et les mélangeant en proportions égales si leurs angles de déviation sont égaux, ou en proportion de leurs différences, s'ils sont inégaux, on aura un liquide complétement inactif. L'essence de citron, la dextrine, l'acide tartrique, ses sels et ses dérivés,

(1) Biot, *Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences de Paris*, t. II, 1835.

dévient le plan de polarisation à droite. La gomme arabique, l'essence de térébenthine, le font tourner à gauche (1).

411. — *e. Action de la lumière sur la constitution physique des principes immédiats.*

Cette action n'a pas été étudiée encore avec soin sur les principes immédiats. On ne connaît encore que l'action exercée par elle sur le phosphore, sur le sulfate de nickel et le séléniate de zinc, dont elle fait changer le type cristallin.

Les caractères magnétiques, ceux de phosphorescence et acoustiques des principes immédiats ne présentent rien de particulier à signaler.

On a pu voir, par ce qui précède, que l'étude des propriétés optiques conduit aussi, comme celle de la forme, à déterminer la nature des composés cristallisés. Dans l'un et l'autre cas, celui de la forme et des propriétés optiques, on tire parti de ces caractères pour arriver à la détermination de la nature élémentaire du composé ; mais cela ne peut se faire qu'autant que les lois de ces phénomènes sont connues. De là ces longues descriptions, rendues indispensables par la nature des questions à résoudre. Quelque minces que paraissent les résultats qu'on retire de ces études, c'est dans le but de les obtenir que sont donnés tous ces développements, et non pas à cause des caractères de forme ou de couleur pris en eux-mêmes, quelque curieux qu'ils soient.

III. — ÉTUDE DES CARACTÈRES D'ORDRE CHIMIQUE QUI SERVENT A LA DISTINCTION DES ESPÈCES DE PRINCIPES IMMÉDIATS APRÈS OU PENDANT LEUR EXTRACTION.

Préliminaires.

412. — Les caractères chimiques des corps sont ceux qui sont tirés de leur composition et des phénomènes de combinaison et de décomposition résultant de leur action *molécu-*

(1) Biot, *Phénomènes de polarisation successive observés dans les fluides homogènes* (*Bull. de la soc. philom.*, in-4°, décembre 1815, p. 190). Voir en outre les mémoires de M. Biot sur ce sujet, dans les *Comptes rendus de l'Académie des sciences de Paris*. Ils sont cités plus loin.

laire les uns sur les autres. Ces caractères sont multiples ; mais nulle part on ne les trouve déterminés, comme on le fait pourtant à propos des caractères physiques. Si quelques uns sont exposés longuement, ils ne sont pas reliés les uns aux autres et plusieurs sont omis ; omission qui est loin d'être indifférente. Il s'agit donc d'étudier ici les faits chimiques proprement dits généraux, c'est-à-dire communs au plus grand nombre, qui sont applicables à l'étude pratique des principes immédiats et qu'il est nécessaire de connaître pour leur examen particulier. Ce sont les caractères qui en chimie devraient être étudiés pour tous les composés en général tant naturels qu'artificiels, à la suite de l'étude de leurs caractères physiques.

413. — Il y a suivant la remarque capitale de M. de Blainville deux faces différentes sous lesquelles doivent être envisagés tous les phénomènes de la nature, lorsqu'on en décrit dans chaque science fondamentale la partie commune au plus grand nombre. Il faut d'abord envisager les *conditions* dans lesquelles ces phénomènes peuvent avoir lieu et qui sont nécessaires pour qu'ils aient lieu ; il faut ensuite étudier ces actions elles-mêmes, les manifestations de ces propriétés. Dans le premier cas on étudie les corps en tant qu'*aptes à agir*, au point de vue statique ; dans le second on les étudie *en action*, agissant, c'est-à-dire *au point de vue dynamique*.

Il y a donc une *statique chimique* (chimie statique) et une *dynamique chimique* (chimie dynamique) ; comme il y a une *biologie statique* (anatomie et biotaxie) et une *biologie dynamique* (physiologie).

Ainsi le sujet que nous étudions ici comprend deux parties, que nous examinerons séparément après en avoir justifié la distinction.

Division du sujet.

414. — 1° *Chimie statique*. Il n'y a pas d'action chimique possible, si un corps n'est pas soumis à l'influence des agents physiques (chaleur, lumière, électricité), ou bien s'il n'est mis en présence d'un autre corps simple ou composé.

De là, déjà, deux espèces dans les conditions d'existence des phénomènes chimiques, sans lesquelles les corps ne sont pas aptes à agir moléculairement; mais qui, étant remplies d'une manière convenable, entraînent nécessairement l'accomplissement du phénomène. Il s'agit donc de déterminer d'abord les conditions dont dépendent les actes de composition et de décomposition, ainsi que les cas dans lesquels on les réunit tous deux.

415. — Les actions chimiques produites pourront avoir lieu directement, ce qui est le cas le plus fréquent; ou indirectement, c'est-à-dire, seulement par l'intermédiaire d'un autre corps qui pourtant ne participe pas à l'action par ses propres éléments. Ce fait établit par conséquent que les conditions précédentes devront être appliquées successivement dans deux cas plus généraux.

A. L'un dans lequel les corps à combiner sont mis directement en contact, à l'état gazeux, liquide ou solide, dans lequel le corps à décomposer ou à combiner est envisagé seul : ce sont les *conditions d'actions chimiques directes*.

B. L'autre dans lequel les corps ou le corps à combiner ou à décomposer exigent la présence d'un corps intermédiaire à ceux qui doivent agir. Ce cas est moins simple que le premier, puisqu'il y a à tenir compte de la présence d'un autre agent, de son état solide ou liquide, etc. : ce sont les *conditions d'actions chimiques* dites *indirectes*, *de contact ou catalytiques*; ici, par conséquent, seront exposées les conditions nécessaires aux fermentations.

416. — Etant prises en considération les conditions d'accomplissement provenant essentiellement des *agents*, reste à tenir compte des conditions du *lieu* où peuvent être placés les corps sur lesquels on étudie les phénomènes de composition et de décomposition.

Les corps peuvent être placés :

1° Dans le vide.

2° Dans les *milieux*, air ou eau, remplacés suivant le besoin par d'autres liquides ou d'autres gaz. Ces milieux sont con-

nus physiquement, et dès le commencement des études chimiques on apprend à les connaître chimiquement ; on peut donc tenir compte de l'intervention de leurs éléments dans les diverses réactions, de manière à les utiliser ou à s'en garantir.

417. — 2° *Chimie dynamique.* Les conditions dans lesquelles les corps sont *aptes à agir* moléculairement ou chimiquement étant une fois établies indépendamment de l'action réelle, reste à étudier ces corps *agissant effectivement.* Pour cela il faut les prendre là où l'action se passe en réalité, savoir, dans le vide, les milieux air ou eau, et les corps organisés, en supposant le corps à étudier et les conditions physiques ou de contact indiquées ci-dessus formant par leur ensemble un appareil unique apte à entrer en action, et qu'il n'y a plus qu'à pousser pour cela ; ce qui est réellement, dans de certaines limites. L'ordre à suivre se trouve naturellement être tracé par celui des conditions dans lesquelles se passent les phénomènes ; car avec les conditions varient les phénomènes. Il y a corrélation intime et inévitable entre l'état statique et l'état dynamique.

Ainsi nous avons ici à étudier :

A. Les actions chimiques directes.

B. Les actions chimiques indirectes ou par contact.

1° Dans le vide.

2° Dans les milieux, air ou eau et autres liquides suivant le besoin.

418. — Après avoir étudié les actions chimiques directes et indirectes d'abord dans le vide, puis dans les milieux (air, eau et autres milieux naturels ou artificiels), il peut paraître naturel de ne pas s'arrêter là et de pousser plus loin les recherches, c'est-à-dire, de voir quelles particularités présentent ces actions dans les corps organisés. Mais ce serait là une grave erreur ; il faut remarquer, en effet, que nous ne pouvons étudier ces actions que dans un milieu déjà connu : or, dans l'ordre hiérarchique des sciences, la chimie vient après la physique, et l'anatomie ne vient qu'après la chimie.

Il en résulte que les milieux connus par le chimiste sont le vide physique et les milieux extérieurs, mais non les êtres organisés. Vouloir poursuivre les actions chimiques dans les corps vivants eux-même, serait vouloir les étudier dans un milieu que l'on ne connaît pas, dans un milieu où interviennent des circonstances dont on ne peut tenir compte, puisqu'on ne sait pas au juste quelles elles sont; c'est ce qui est fréquemment arrivé. En agissant ainsi, on se trouve entraîné peu à peu à ne pas reconnaître dans les êtres organisés une activité spéciale, qui est sous la dépendance des actes chimiques, mais en diffère et n'en est pas une conséquence. On est en un mot conduit à ne pas reconnaître comme organiques ou vitaux (c'est-à-dire d'ordre spécial et nouveau, différant autant des actes chimiques que ceux-ci des actes physiques) plusieurs des actes ayant lieu dans les corps organisés. On peut bien introduire artificiellement ou par les voies digestives des composés chimiques naturels ou artificiels pour étudier quels phénomènes ils présentent dans l'économie; les physiologistes, les médecins, les toxicologistes le font souvent. Mais alors c'est de la physiologie qu'on fait, soit en se proposant pour but de connaître telle ou telle particularité d'une fonction dans un cas donné, soit dans le but plus spécial de savoir comment l'organisme se trouve modifié favorablement ou défavorablement par l'introduction de ce composé. En effet, le corps sur lequel on expérimente n'est pas seul modifié, mais aussi l'organisme; celui-ci l'est dans son activité spéciale et intervient activement et non pas seulement d'une manière passive, en versant autour du corps introduit des fluides particuliers, fluides qu'on ne peut jamais connaître d'une manière fixe et précise sous le rapport de la quantité, de la composition, etc., autant du moins que l'exigent les raisonnements chimiques. Quand un chimiste fait des essais de ce genre, c'est de la physiologie qu'il fait, et s'il omet de se placer à ce point de vue, soit quant aux connaissances anatomiques nécessaires, soit quant au raisonnement, il est conduit bientôt à commettre des erreurs, ainsi que

nombre d'exemples le prouvent. C'est donc au physiologiste que revient ce genre d'étude, mais il doit s'y être préparé par une connaissance approfondie des principes immédiats qui composent la substance des corps. C'est par erreur que se trouve indiqué dans un travail de l'un de nous, que les actes chimiques directs et indirects doivent être étudiés dans le vide, les milieux et les êtres vivants (1).

PARTIE STATIQUE.

A. Des conditions nécessaires à l'accomplissement des actions chimiques directes.

419. — En *premier lieu* se présente l'influence des agents physiques sur la production des actions chimiques ou moléculaires de composition et de décomposition.

Il y a, sous ce rapport, à envisager successivement : 1° l'influence des changements de température, 2° celle de l'électricité, 3° celle de la lumière : actions les plus générales, ayant lieu quel que soit l'état du corps, solide, liquide ou gazeux.

Si le mouvement, l'action de la pesanteur, etc., avaient quelque influence sur la composition des corps, il y aurait à joindre leur étude à celle des agents ci-dessus ; mais ce sont là les seules conditions physiques qui puissent déterminer l'accomplissement de phénomènes chimiques.

En *second lieu* vient l'étude des actions chimiques résultant du contact des corps entre eux. Il y a sous ce rapport à étudier successivement : 1° la *théorie des dissolutions*, c'est-à-dire *l'ensemble des phénomènes qui se passent toutes les fois qu'un gaz, un liquide ou un solide, étant mis en contact d'un corps liquide, il s'unit à lui de manière à former un nouveau liquide homogène.* Cette étude se présente en première ligne, parce que non seulement c'est le phénomène le plus général, mais encore parce que l'état de dissolution est une condition d'existence de l'action réciproque des autres corps. La théorie

(1) Ch. Robin, *Tableaux d'anatomie.* Paris, 1850, 10e tableau, in-4.

de l'air étant établie en physique, nous voyons ici s'établir celle de l'eau, qui est un des *lieux* dans lesquels nous aurons à étudier les actions chimiques. Vient ensuite : 2° l'action chimique des corps simples les uns sur les autres ; 3° l'action des corps composés ; 4° enfin, comme complément de l'étude de ces phénomènes, se présente l'exposé des lois des combinaisons.

Ce dernier ordre de considération ne vient qu'en dernier lieu et se présente comme complément des précédents, car ce n'est qu'une généralisation des résultats de l'étude expérimentale des autres ordres de phénomènes. Il se pourrait, en effet, que les combinaisons ne se fissent pas en proportions définies ; dès lors il n'y aurait pas lieu à établir la théorie des combinaisons en proportions définies. Il faudrait se borner à l'énoncé des faits qui sont le sujet des trois premiers paragraphes. Tant que cette théorie restera conçue isolément de la théorie principale, celle des phénomènes de combinaison et de décomposition, elle ne saurait par cela même remplir que très imparfaitement la plus importante destination, qui est de suppléer autant que possible à l'expérience immédiate. Or elle n'en dispense encore que sous le point de vue fort accessoire de la mesure des poids ou des volumes.

Malgré la grande importance réelle de la doctrine des combinaisons chimiques en proportions définies, on ne doit pas méconnaître que, par sa nature et même en la supposant complète, elle ne saurait exercer qu'une influence secondaire sur la solution générale du vrai problème fondamental de la chimie, c'est-à-dire sur l'étude des lois directement relatives aux phénomènes de composition et de décomposition. Lorsque des substances quelconques sont placées en relation chimique dans des circonstances déterminées, la théorie des proportions définies ne tend nullement en elle-même à nous faire mieux prévoir, parmi tous les cas que comporterait la composition des corps proposés, à quelles séparations et à quelles combinaisons nouvelles la réaction générale donnera effectivement lieu. Cependant c'est ce qui constitue au fond

la question essentielle. Cette doctrine suppose au contraire qu'une telle question est préalablement résolue. D'après un tel point de départ, elle a pour objet d'évaluer immédiatement, dans les cas où elle est applicable, la quantité précise de chacun des nouveaux produits et l'exacte proportion de leurs éléments. C'est là simplement un perfectionnement accessoire, quoique très utile, de la recherche principale. Ainsi la théorie des proportions chimiques présente nécessairement aujourd'hui ce singulier caractère scientifique, de rendre rationnelle dans ses détails numériques une solution qui, sous son aspect le plus important, reste presque toujours essentiellement empirique. Ce principe des proportions définies ne peut évidemment par sa nature être directement fondé sur aucune considération *à priori*. Il est entièrement expérimental et ne saurait devenir vraiment rationnel que par une entière et stricte généralité (1).

1. Action chimique des agents physiques.

a. Action chimique des changements de température.

420. — L'action de la chaleur sur les principes immédiats semblables aux composés du règne minéral se trouve suffisamment étudiée dans les traités de chimie où est faite leur histoire, pour qu'il soit inutile de s'en occuper ici.

Quant aux autres principes immédiats, ceux qui ne se trouvent que dans le règne organique, comme les oxalates, les lactates, ils fondent et se décomposent ensuite en dégageant de l'acide carbonique. Si le sel contient de l'eau, il se forme des produits par combinaison d'hydrogène et de carbone. Quelques uns se décomposent par la chaleur : tel est l'acide hippurique, qui donne alors de l'acide benzoïque, dégage une forte odeur d'amandes amères et laisse beaucoup de charbon poreux. Ce sont là autant de caractères qui, avec d'autres analogues, sont très utiles dans la pratique des analyses, parce que souvent ils sont caractéristiques pour tels ou tels prin-

(1) Aug. Comte, *Système de philosophie positive*, Paris, 1838, in-8, t. III, p. 133.

cipes. On peut d'une manière générale en dire autant pour l'action de la chaleur sur l'urée, l'acide urique, la créatine, etc. Quelquefois les produits de leur décomposition par le feu ont une odeur caractéristique : telle est celle de la créatine qui se rapproche de celle de la viande rôtie.

421. — *Théorie des corps pyrogénés.* On donne ce nom à l'ensemble des règles à suivre pour obtenir la formation d'espèces chimiques définies par l'action du feu sur les composés définis d'origine organique naturels ou artificiels. L'action de cet agent sur les substances organiques étant naturellement moins nette, l'ensemble de ces règles ne s'applique pas exactement à elle, et elles ne rentrent pas dans la théorie d'une manière aussi satisfaisante. On appelle *corps pyrogénés*, et en particulier *acides pyrogénés*, les matières et les composés définis résultant de l'action du feu sur les corps dont nous venons de parler.

Quand on chauffe un corps d'origine organique pur, il arrive une époque à laquelle il ne peut plus résister à l'action dissolvante de la chaleur. Dès lors les composants, qui ont le moins d'affinité pour les autres et le plus entre eux, se combinent pour former un composé binaire. Le reste des éléments constitue un composé plus stable. Dans les corps qui renferment trois éléments, c'est généralement de l'eau ou de l'acide carbonique qui se forment. Ce sont, en effet, ceux qui doivent résulter de la combustion du carbone et de l'hydrogène aux dépens de l'oxygène appartenant à la substance soumise à l'action de la chaleur.

C'est surtout en chimie qu'on peut tirer parti de ces faits ; mais il faut les signaler ici parce qu'il y aura lieu d'en faire mention pour quelques principes immédiats, comme le sucre, etc.

Les principes gras, par exemple, se colorent, fument et entrent en ébullition de 250 à 320 degrés, selon l'espèce sur laquelle on opère. Cette ébullition n'indique pas une volatilisation sans décomposition. On a pu, au contraire, déterminer ceux qui se volatilisent sans décomposition, et d'autre part

que c'est la glycérine qui se détruit en formant des produits pyrogénés volatils acides, et de l'acide carbonique et quelques gaz carburés ; il reste enfin une très petite quantité de charbon. Ceux dont on peut obtenir de l'acide oléique donnent, en se décomposant, de l'acide sébacique ; la margarine, la stéarine produisent de l'acide margarique pur. Les produits volatils et acides qui se forment pendant cette décomposition seront étudiés plus tard ; quelques uns sont des composés en proportions définies, ou sont formés par un mélange de ces composés. Leur odeur âcre, acide, excitant le larmoiement, sert souvent à les distinguer des autres espèces de substances.

Les substances azotées se décomposent par la chaleur. Chauffées hors du contact de l'air, les produits de la décomposition sont des carbonate, acétate, sulfhydrate et cyanhydrate d'ammoniaque, et des substances huileuses jouant le rôle de bases, qui forment une masse noire, fétide, d'aspect huileux. Il reste enfin un charbon caverneux, brillant, difficile à incinérer. Chauffées à l'air, ces substances s'enflamment, se boursouflent en répandant beaucoup de fumée. Il se dégage ensuite une odeur particulière désagréable qui est commune à tous ces produits et peut servir à les faire distinguer de divers principes.

b. Action chimique de l'électricité.

422. — L'importance de l'emploi de cet agent va en diminuant lorsqu'on passe à l'étude des composés naturels qui constituent les humeurs et les éléments anatomiques ; car on a pu remarquer qu'on ne peut rien conclure de général des quelques particularités offertes par les principes immédiats soumis à l'action du feu.

On sait que les éléments qui sont combinés entre eux avec le plus d'énergie sont aussi ceux qui sont décomposés avec plus de force par le courant électrique, et que les corps dont les combinaisons présentent peu de fixité sont de tous ceux qui subissent le moins l'action décomposante de l'électricité. Ainsi la facilité de la décomposition est proportionnée à la

fixité de la combinaison. Il faut donc s'attendre à voir les principes immédiats des deux derniers groupes, qui sont des corps très complexes, et par suite peu stables, être difficilement décomposés, et ne pas présenter des phénomènes de ce genre aussi nets que ceux offerts par les composés minéraux et les principes immédiats analogues. Quant à l'électricité de tension ou statique, elle n'agit que par l'élévation de température, et par conséquent ne présente rien de plus à étudier que l'action du feu.

423. — L'emploi de l'électricité deviendra nul ou presque nul, lorsqu'il s'agira de l'étude des éléments anatomiques et des tissus ; il est, comme on le voit, moins étendu que celui de la chaleur. Mais il y aura d'importantes applications à faire dans l'histoire des humeurs, de la décomposition de leurs principes immédiats salins par les courants électriques, parce que, au pôle où se porte l'acide, ce dernier détermine la coagulation de l'albumine et de la fibrine. Nous avons déjà dit que ce fait se passe aussi bien dans les humeurs contenues dans leurs réservoirs que lorsqu'elles sont retirées du corps.

Moyens de distinguer les principes les uns des autres, tirés de l'action chimique de la lumière sur eux.

424. — La lumière solaire exerce une puissante action sur beaucoup de phénomènes chimiques. En premier lieu, on trouve des *corps dont les éléments se combinent avec d'autres sous l'influence de la lumière solaire*. Il n'y a pas de principe immédiat qui en présente directement des exemples.

En second lieu, se présentent des *corps qui sont décomposés, ou, si l'on veut, dont les éléments combinés se séparent en tout ou en partie sous l'influence de la lumière seule*. Les sels d'argent, de mercure, et beaucoup d'autres composés naturels ou artificiels du règne minéral, en présentent des exemples. On n'observe pas de faits analogues parmi les principes immédiats.

Le rose du carthame (*Carthamus tinctorius*, L.), le violet du campêche (*Hæmatoxylum Campechianum*, L.), le rouge du bois de Brésil (*Cæsalpinia echinata*, Lamk.), l'orange du

curcuma (*Curcuma tinctoria*, Rich.), et le jaune de la gaude ou réséda (*Reseda lutea*, L.), en présentent des exemples (1). Ce qu'il y a de remarquable, c'est que l'élévation de la température produit le même effet dès qu'elle atteint 160, 180, 190, 200 et 210 degrés. D'autres matières colorantes, comme la matière verte des végétaux, décomposent l'acide carbonique sous l'influence de la lumière. Il reste encore à donner une détermination précise des principes spéciaux de ces substances qui se décomposent et amènent le changement de leur couleur.

2. — Actions chimiques résultant du contact des corps entre eux.

a. Théorie des dissolutions.

425. — On donne le nom de DISSOLUTION au *phénomène qui a pour résultat l'union moléculaire d'un liquide avec un corps solide, liquide ou gazeux, de manière à former un nouveau liquide homogène.*

Le mot *dissolution*, ou mieux celui de *solution*, s'emploie aussi pour désigner le nouveau liquide homogène résultant de la combinaison d'un corps solide ou fluide avec un liquide.

Pour étudier les nombreux et complexes phénomènes de dissolution que présentent les principes immédiats, il est nécessaire d'être fixé sur un certain nombre de points qui concernent les dissolutions en général, et qui sont omis dans les traités de chimie. De là vient la nécessité d'aborder encore une fois des questions chimiques, afin de pouvoir les appliquer à l'anatomie dans les limites que comporte la nature des objets qu'on étudie.

α. *Il y a deux sortes de dissolutions :*

426. — 1° Les dissolutions dans lesquelles il y a COMBINAISON *du liquide dissolvant avec les autres corps ;*

2° Les dissolutions dans lesquelles il n'y a que MÉLANGE, c'est-à-dire *dissémination réciproque des molécules du dissolvant et du corps dissous.*

(1) GAY-LUSSAC et THÉNARD, *Recherches physico-chimiques*, Paris, 1811, t II, in-8, p. 192-206.

Le premier ordre est le plus général, le plus répandu : ce sont les DISSOLUTIONS *proprement dites;* c'est un phénomène chimique ; c'est même le plus général des phénomènes chimiques.

Le second comprend un nombre plus limité de phénomènes très spéciaux ; car il a lieu le plus souvent seulement entre liquides analogues, rarement entre solides et liquides : ce sont les MÉLANGES *proprement dits* ; c'est un ordre de phénomènes purement physiques.

Les *dissolutions* proprement dites se passent entre des corps de nature chimique définie, de composition fixe et déterminée ; l'un des agents au moins est dans ce cas.

Les *mélanges* n'ont lieu qu'entre ces corps de composition chimique non définie, peu stable, variable sous les moindres influences, qui ont reçu le nom de *substances organiques ;* ou bien entre des corps qui sont déjà le résultat de l'union d'un nombre illimité de proportions de divers principes, comme les huiles grasses, etc. Ainsi, dans l'étude des dissolutions, on voit qu'il faut tenir compte de la composition des proportions déterminées ou non des corps employés, car elle influe sur la nature des phénomènes.

427. — *Quelques liquides, mais non tous, peuvent se mélanger ensemble de la même manière que les gaz.*

On donne le nom de MÉLANGE *à la dissémination réciproque des molécules des liquides, sans que les propriétés moléculaires ou spécifiques des uns ou des autres soient changées.*

Quoique purement physique, l'étude de ces faits a dû être renvoyée ici pour établir une opposition plus directe entre les deux ordres de phénomènes, *mélange* et *dissolution*, quelquefois confondus ensemble. Il faut en traiter en premier lieu pour ne pas en être embarrassé.

β. Différences entre l'état de dissolution et celui de mélange.

428. — Lorsqu'une substance, surtout une substance complexe, de celles qu'on appelle *organiques*, est dissoute dans l'eau, il peut arriver que les groupes atomiques ou molécules intégrantes qui le composent soient simplement disséminées

parmi les groupes qui constituent l'eau ou autres liquides, *sans que les propriétés spécifiques* ou *moléculaires individuelles des uns ou des autres soient changées:* alors il y a seulement MÉLANGE.

Mais il peut arriver aussi que, dans d'autres cas, les groupes atomiques qui constituent les deux corps s'unissent dans certaines proportions, de manière à former autant de groupes atomiques *nouveaux doués de propriétés spéciales.* Alors il y aura ce que l'on appelle en chimie COMBINAISON; et l'on peut concevoir cette combinaison telle, qu'elle existe *seulement dans l'état liquide* du système; en sorte qu'*on ne pourra pas la découvrir en chassant l'eau* par l'évaporation, parce que la combinaison se désunirait (1).

La démonstration de ces faits repose sur cet autre fait expérimental, que *le pouvoir rotatoire des corps reste invariable sous toutes les influences qui modifient seulement les distances mutuelles des groupes moléculaires, sans altérer intimement leur constitution.*

Au contraire, *il change et acquiert des valeurs très différentes* lorsque les groupes moléculaires des corps actifs éprouvent un changement de composition chimique.

γ. Cas dans lesquels il y a mélange sans combinaison.

429. — Ce fait a lieu quelquefois, quoique rarement, ainsi qu'on va le voir. Beaucoup d'huiles essentielles, par exemple, se mêlent sans se combiner. Ainsi certaines huiles, douées de pouvoirs rotatoires contraires, peuvent être mêlées en toutes proportions entre elles, ou avec d'autres qui sont dépourvues de ce pouvoir. La somme des pouvoirs propres des particules actives reste après le mélange ce qu'elle était avant. Les sucres, les gommes, les camphres, dissous dans l'eau ou dans l'alcool; la fécule simplement désagrégée par les acides faibles et devenue ainsi soluble ou simplement sus-

(1) BIOT, *Nouveau procédé par lequel on peut, dans certains cas, déterminer à l'aide des méthodes optiques s'il y a mélange ou combinaison, lorsque les moyens ordinaires employés par les chimistes ne fournissent aucune indication* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc.*, 1835, t. I, p. 66; Paris, in-4°).

pensible dans l'eau sous le nom de dextrine, portent de même dans ces liquides leur pouvoir inaltéré, tel qu'on l'observe dans les mêmes corps soit solides, mais non cristallisés, soit liquéfiés par la chaleur, quand elle ne les décompose pas (1).

δ. *Des dissolutions sans combinaison, ou mélange possible d'un solide avec un liquide.*

430. — Il est très important de remarquer qu'il s'agit ici de *substances organiques*, c'est-à-dire de composés complexes, non cristallisables, mais pas de composés chimiques de composition élémentaire définie. Il est par conséquent très probable que la liquéfaction des *corps gras* dans les essences ou les huiles, et même l'alcool, qui est naturellement inactif, ne changerait rien aux phénomènes de polarisation et que le liquide se comporterait comme un simple mélange.

Il est tout naturel de trouver que la nature des substances influe sur celle du phénomène, et de voir les substances de composition non définie se comporter autrement que les corps cristallisables. Dans tous les cas, on indique qu'il faut tenir compte toujours de la nature des corps observés. Cette exception à la généralité des dissolutions comme combinaisons chimiques, coïncidant avec une aussi grande différence de nature, ne peut servir d'objection contre les faits qui suivent; elle ne peut empêcher de dire, entre corps de composition définie les dissolutions sont des combinaisons.

431. — Il est à remarquer que les phénomènes de mélange ne présentent aucune limite, ni supérieure, ni inférieure, de saturation, *pas plus que le mélange d'un liquide avec lui-même*. De plus, ils ont lieu entre corps d'une nature élémentaire très analogue : comme huiles grasses entre elles ; huiles essentielles entre elles ; résines et huiles ; graisses solides et huiles. Les phénomènes de dissolution proprement dite com-

(1) Biot, Extrait d'un mémoire intitulé : *Méth. mathémat. et expériment. pour discerner les mél. des combin. définies ou non définies, qui agissent sur la lum. polarisée; suivies d'applicat. aux combinaisons de l'ac. tartrique avec l'eau, l'alcool et l'esprit de bois.* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, vol. II, p. 53, in-4°, 1835).

portent au contraire des différences de nature très considérables entre les corps qui s'unissent.

ε. *Les dissolutions entre corps de nature chimique définie sont des combinaisons deux à deux, et non des mélanges.*

432. — Nous avons vu, en traitant de la polarisation circulaire, que pour chaque dissolution, observée à diverses épaisseurs, le plan primitif de polarisation *est dévié d'une quantité angulaire exactement proportionnelle au poids de substance que le rayon a traversée.*

Soit pris pour exemple l'acide tartrique, sur lequel M. Biot a surtout expérimenté : on verra que l'étendue absolue de *la déviation pour le même poids d'acide varie selon les proportions d'eau* que la solution contient ; et pourtant l'eau pure est complétement inactive sur la lumière polarisée. Depuis la limite de soixante centièmes jusqu'à vingt centièmes d'acide dans l'unité de poids de la dissolution, *la déviation du rayon, pour un poids égal d'acide traversé,* CROÎT *avec la proportion d'eau* et dans un rapport qui lui est sensiblement proportionné. Pour un même poids d'acide, plus on met d'eau, plus la déviation augmente.

Le premier de ces phénomènes montre que pour *chacune des dissolutions dont il s'agit, la déviation totale du rayon est la somme des déviations élémentaires successivement opérées par les molécules intégrantes d'acide aqueux que le rayon a traversées.*

433. — Le second phénomène, c'est-à-dire la variation de la rotation à poids égal d'acide traversé, quand la proportion d'eau est différente, montre que le pouvoir de rotation moléculaire de l'acide croît avec la quantité d'eau dans laquelle il est dissous ; et par conséquent cette eau influe sur la constitution des groupes atomiques ou molécules intégrantes qui produisent la rotation. On obtient un résultat entièrement analogue en ajoutant successivement un centième, deux centièmes, trois centièmes, etc., d'acide borique à la dissolution d'acide tartrique, jusqu'à saturation. Ces deux acides, en se dissolvant, se combinent, et forment un véri-

table acide tartro-borique ; ainsi, dans ces circonstances, les groupes atomiques de chaque acide forment, en se réunissant, un groupe nouveau où l'on ne trouve plus les propriétés optiques particulières à chacun des groupes composants (1).

« Il n'y a donc pas ici un simple mélange, mais une combinaison véritable, puisque les propriétés individuelles des groupes atomiques se trouvent modifiées par leur présence simultanée en telle ou telle proportion. »

Aussi l'eau devient active en s'unissant à l'acide, puisqu'elle modifie son pouvoir d'autant plus qu'elle est plus abondante. Elle ne lui est donc pas simplement mélangée, *mais combinée*, puisqu'elle forme avec lui un groupe d'une constitution différente, suivant ses proportions, jusqu'à ce qu'enfin dans les solutions très étendues les particules additionnelles d'eau n'exercent plus qu'une influence inappréciable, comme dans le cas de mélange (2).

434. — Ce n'est pas seulement pour les dissolutions d'acide tartrique par l'eau qu'on peut observer ces phénomènes de combinaison, mais on les constate aussi de la même manière, c'est-à-dire par des modifications diverses du pouvoir rotatoire avec les sels de cet acide. Les tartrates de potasse, de soude, d'albumine, etc., ont surtout servi à ces expériences.

Ainsi la lumière polarisée permet de voir, dans des cas où l'on n'avait pu encore le constater, que ce n'est pas seulement dans les dissolutions des acides sulfurique, nitrique, etc., ou des phosphates, sulfates et autres sels d'origine minérale par l'eau, du cuivre, du fer, etc., et leurs oxides par les acides et quelques autres corps simples ou composés, qu'il y a combinaison. Elle permet de l'étendre à beaucoup d'autres corps, et de considérer le fait comme général pour tous les corps définis. La lumière polarisée permet aussi d'observer que ce ne sont pas les dissolutions aqueuses qui sont des combinai-

(1) Biot, *Sur les combinaisons chimiques* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sciences de Paris*, 1835, in-4°, t. I, p. 177).

(2) Biot, *loc. cit.*, 1835, t. II, p. 53.

sons, mais encore les dissolutions alcooliques, celles avec l'esprit de bois, l'éther, etc.

435. — L'eau, l'alcool, l'esprit de bois, qui n'ont par eux-mêmes aucune faculté rotatoire, peuvent contracter avec certaines substances qu'on y dissout une union assez intime, pour que les groupes moléculaires ou molécules intégrantes nouvelles, résultant de cette réelle combinaison, acquièrent des pouvoirs rotatoires inverses de ceux que possédaient les groupes primitifs ; pouvoirs que ceux-ci reprennent quand on les sépare par évaporation. C'est encore une combinaison de ce genre qui produit l'inversion qu'on observe dans l'action rotatoire du sucre de raisin, lequel tourne à droite quand il est dissous et dévie le plan à gauche après sa solidification (1). Il reste encore à rechercher si le pouvoir rotatoire est modifié par la dissolution des gaz dans un liquide actif ou inactif, et s'il y a combinaison dans ce cas.

ζ. *Les dissolutions présentent un degré supérieur de combinaison appelé* SATURATION, *et même une limite inférieure; ce ne sont donc pas des combinaisons absolument indéfinies.*

L'accroissement de l'angle de déviation de la lumière polarisée, mentionné plus haut, proportionnellement à la quantité d'eau ajoutée à la solution d'acide tartrique n'est pourtant pas *indéfini*. Il y a tendance du pouvoir rotatoire de l'acide vers un état constant et invariable de rotation. Ainsi, quand la solution devient très étendue, mais avant que la quantité d'eau soit infinie comparativement à celle de l'acide, les nouvelles additions ne produisent plus d'effet physiquement appréciable dans la combinaison déjà formée. Dès lors le pouvoir rotatoire de l'acide, ainsi modifié par sa combinaison avec l'eau, paraît sensiblement constant, et comme dans le cas des simples mélanges mentionnés précédemment, il ne varie plus (2). Il y a donc en réalité une limite de moin-

(1) Biot, *Mémoire sur les propriétés moléculaires de l'acide tartrique.* Déposé sous enveloppe le 26 août 1835, lu dans la séance du 7 décembre. (*Comptes rend. des séances de l'Acad. des sc.*, Paris, 1835, t. I. p. 457.)

(2) Biot, *Addition à la note précédente, lue dans la même séance du 7 décembre* 1835 (*loc. cit.*, t. I, p. 459).

dre dissolution, et quelque petite que soit la quantité de substance jetée dans l'eau, elle ne s'unit pas indifféremment avec toutes les molécules de l'eau d'une manière égale ; elle se combine réellement (ou, si l'on veut, se dissout) avec la quantité d'eau maximum qu'elle peut s'adjoindre, et cette combinaison se mélange ensuite avec l'eau.

Quant à la limite supérieure ou saturation, elle peut être constatée par des procédés beaucoup moins délicats sur tous les corps, quels qu'ils soient, placés dans les liquides quelconques susceptibles de les dissoudre seulement ; on peut l'éloigner plus ou moins, suivant la nature du dissolvant et du corps à dissoudre, du point de dissolution minimum, par élévation de température. Ce fait est universellement constaté ; aussi est-il inutile de s'y arrêter davantage.

436. — *Le fait précédent et ceux qui suivent achèvent de séparer nettement l'état de dissolution de celui de mélange.*

La dissolution est toujours susceptible, ainsi que la combinaison, d'un degré supérieur de saturation, qu'on ne peut dépasser, à moins de changer les conditions de température ; et dans ce cas on rencontre bientôt une nouvelle limite infranchissable. On a cru longtemps qu'elle ne comportait pas de limite inférieure. Or, nous venons de voir que, pour une quantité en poids d'acide tartrique et qu'on dissout dans l'eau, il y a un degré de dilution passé lequel il n'y a plus combinaison de l'acide et de l'eau. Il y a seulement mélange de la combinaison effectuée jusqu'alors avec l'eau qu'on ajoute ; car l'appareil polarisateur montre qu'il n'y a plus de modification de l'état des molécules intégrantes. C'est donc en quelque sorte un degré inférieur de saturation, un degré inférieur de combinaison au-dessus duquel le phénomène cesse, comme il cesse au-dessus pour des conditions données. Il est défini dans un sens comme dans l'autre, mais entre des limites très éloignées entre lesquelles la combinaison se fait graduellement, comme lorsqu'elle a lieu quand à la combinaison SO^3HO on ajoute de l'eau jusqu'à ce qu'on ait $SO^3 2HO$, puis quand à celle-ci on en verse encore un équivalent jusqu'à $SO^3 3HO$. Il

y a cependant des sels chez lesquels, entre les deux limites *maximum* et *minimum*, on trouve des combinaisons définies, fixes, analogues à celles que présente l'acide sulfurique (sulfate et phosphate de soude). Si donc le *rapport défini des proportions à des termes très rapprochés* n'est pas une condition toujours nécessaire, et conséquemment tout à fait générale, des combinaisons chimiques, c'en est pourtant le cas le plus constant, et les dissolutions, lorsqu'elles ne présentent qu'un seul terme, il n'est pas absolument indéfini, quoiqu'il ait souvent des limites extrêmes fort écartées. Par ces deux propriétés essentielles, l'état de dissolution diffère radicalement de celui de simple mélange, qui ne peut naturellement exclure aucune proportion.

437. — Quant au caractère du maintien des propriétés chimiques dans le cas de dissolution, et leur altération dans celui de combinaison, le fait physique de la déviation du plan de polarisation au fur à mesure de l'addition d'eau indique certainement qu'il y a une modification de propriétés chimiques correspondantes, et que leur maintien n'est pas absolu. Ce caractère est, du reste, moins décisif qu'on ne le pense communément. Ceux qui regardent, et avec raison, la dissolution comme le plus faible degré de combinaison d'un corps quelconque avec un liquide, peuvent répondre que dans toute combinaison peu énergique et où la saturation est très imparfaite, les propriétés du principal agent doivent naturellement être à peine dissimulées.

438. — Lorsque, par exemple, un alcali très puissant, la potasse, la soude ou l'ammoniaque, forment un sous-sel avec un acide faible, l'acide carbonique par exemple, les propriétés essentielles des premiers ne sont pas beaucoup plus altérées par une telle combinaison que par une simple dissolution : c'est ce que montrent en effet les sous-carbonates alcalins. D'un autre côté, comment juger positivement si la dissolution a rigoureusement maintenu, sans aucune altération, les propriétés d'une substance, dans les cas nombreux où cette substance ne peut manifester son action chimique qu'a-

près avoir été préalablement dissoute? On manque évidemment alors du second terme de la comparaison, si ce n'est dans les cas où, comme pour le sucre de raisin, l'appareil à polarisation circulaire a montré qu'après avoir été dissoute la substance polarise à droite, pendant que solide elle dévie à gauche, ce qui indique certainement que les propriétés ont été changées par le fait de la dissolution.

439. — Ainsi, malgré les distinctions proposées, il est bien certain que : 1° les dissolutions sont des combinaisons; 2° que ces combinaisons présentent un degré supérieur et un degré inférieur de saturation bien définis, comme toutes les autres combinaisons. En deçà du degré inférieur il n'y a plus que *mélange* sans modification des propriétés. Entre ces deux extrêmes, la combinaison est continue, du moins c'est ce qu'indique la polarisation circulaire. Quoiqu'on n'ait pas encore cherché si les gaz dissous dans les liquides, ou les liquides définis dans d'autres, comme les essences dans l'éther, l'alcool, etc., il est probable que souvent il y a aussi combinaison et non simple mélange.

η. Entre leurs deux termes extrêmes de combinaison, susceptibles en outre d'être rapprochés ou éloignés par quelques influences physiques, certaines dissolutions réalisent dans leur composition toutes les proportions imaginables de leurs composants sans discontinuité, ce qui montre que la similitude entre elles et les autres combinaisons n'est pas absolue.

440. — Beaucoup de dissolutions, telles que celles des tartrates de soude, potasse, ammoniaque, etc., ont la propriété de dévier le plan de polarisation d'une manière régulièrement continue au fur et à mesure de l'addition d'eau. On ne voit point se passer d'irrégularités de déviation, qui, si elles avaient lieu, pourraient être comparées à l'état stationnaire de la température que présente l'acide sulfurique étendu au fur et à mesure des divers états d'hydratation qu'il atteint; ou bien encore mieux, aux changements brusques de propriété qui surviennent dans toute une masse d'acide sulfurique mono-

hydraté à zéro, quand, en lui ajoutant de l'acide trihydraté, on atteint la quantité nécessaire pour que le tout soit bihydraté.

Pour toute la quantité d'eau ajoutée depuis l'état de saturation maximum à une température donnée, jusqu'à l'état extrême de dilution où cesse la déviation, le pouvoir rotatoire croît graduellement, sans discontinuité. La courbe qu'on peut tracer de cet accroissement du pouvoir ne présente aucun des *points singuliers géométriques* qu'on observe sur la courbe de solubilité de certains sels; points qui coïncident toujours avec la formation d'un composé défini nouveau, entre le corps dissous et le dissolvant. On ne voit aucun changement qui puisse indiquer qu'en s'arrêtant à telle quantité d'eau marquée par un *point singulier* de la courbe d'accroissement du pouvoir de rotation, ce sera un composé nouveau qu'il sera possible d'étudier ou d'isoler. Il n'y a rien d'analogue à ce que montrent les dissolutions d'acide sulfurique ou nitrique, etc., et celle du sulfate de soude dont la courbe de solubilité montre, par le point singulier placé sur + 33°, qu'au delà de cette température le sel qu'on a ($Na.SO^3$) est différent de celui qu'on a en deçà ($Na.SO^3 + 10HO$).

On peut constater par les phénomènes d'évaporation et diverses combinaisons que, pour des acides à divers degrés d'hydratation, dans le plus faible se dissout l'acide le plus concentré, d'une manière continue, jusqu'à ce que la quantité de l'un soit suffisante pour former une autre combinaison intermédiaire ou bien plus ou moins aqueuse; réciproquement, l'un des acides s'évapore à une température donnée, jusqu'à ce qu'il en reste un hydrate moindre, qui à son tour s'évapore ou se décompose à une température fixe, mais différente de la première.

Il est probable que si ces différents acides étaient *moléculairement actifs*, comme les tartrates alcalins, leur courbe d'accroissement du pouvoir rotatoire indiquerait des points singuliers à chacun des moments où l'addition d'eau serait suffisante pour se combiner à l'équivalent correspondant d'acide.

Si le sulfate de soude ou les autres sels auxquels il vient

d'être fait allusion étaient dans le cas des tartrates, il est probable qu'on verrait la courbe correspondant aux modifications de leur pouvoir rotatoire présenter, sous l'influence de la chaleur, des points singuliers correspondant à ceux de la courbe de solubilité.

Or l'élévation de température diminue bien le pouvoir rotatoire des tartrates alcalins ou de la solution d'acide tartrique, mais la courbe de cette diminution tracée par M. Biot entre + 7° et + 26°, ne présente aucun *point singulier*. La variation suit une loi très simple, elle est proportionnelle au nombre de degrés que le thermomètre a parcourus. L'augmentation du pouvoir initial du poids d'acide employé continue à croître à chaque proportion d'eau ajoutée, quelle que soit la température de la solution (1).

441. — Ainsi donc les combinaisons ou dissolutions tartriques qui présentent les caractères que nous venons de signaler se comportent, dans tout l'intervalle qui sépare les deux points définis maximum et minimum de dissolution, comme le font les acides, etc., entre chacun des termes définis, mais bien plus rapprochés, 0, 1, 2, 3 degrés d'hydratation. La combinaison est continue dans cet intervalle, c'est-à-dire qu'il y a simple dissolution d'un des hydrates par l'autre.

Ces dissolutions ou combinaisons ne sont donc pas soumises aux conditions d'intermittence qu'on observe dans les sels solides et cristallisables à mesure qu'ils s'isolent de l'eau par évaporation; réciproquement, quand on les fait passer à l'état fluide par combinaison avec l'eau, les groupes moléculaires qui les constituent, cessent d'avoir avec elle la fixité de proportion qu'ils ont quand ils se combinent avec d'autres corps. C'est du moins le cas des sels tartriques alcalins; il reste à expérimenter sur d'autres sels, soit par la lumière, soit par des réactifs assez sensibles, si on les trouve.

442. — De tout cela il résulte que la DISSOLUTION est un

(1) BIOT, *loc. cit.*, 1835, t. II, p. 57.

cas particulier des *combinaisons;* ce sont deux phénomènes de même ordre, mais différents en quelques points, et ces deux termes ne peuvent pas être pris entièrement comme synonymes.

θ. *Des composés définis et indéfinis.*

443. — La conséquence générale de l'étude de ces phénomènes sur les combinaisons d'eau, d'acide tartrique, de soude ou autre alcali, est la même, c'est-à-dire que : dans les dissolutions il ne se forme pas uniquement ou par préférence des combinaisons par nombres *discontinus.*

Ce sont ces combinaisons discontinues qui, se séparant à l'état cristallin ou volatil sans décomposition, à une température du liquide qui reste toujours la même jusqu'à ce qu'elles soient entièrement déposées ou évaporées, sont appelées *composés définis*, *combinaisons en proportions définies, ou mieux en rapports déterminés. La raison de ce fait est :* 1° *que les quantités en poids et même en volume, à l'état gazeux, des composants que renferment les composés ainsi cristallisés ou évaporés à une température restée constante sont toujours les mêmes;* 2° *que si les mêmes principes font ensemble plusieurs composés, ces quantités constituent des termes très rapprochés, et entre eux, dans des rapports rationnels et commensurables très simples, des proportions arithmétiques suivantes :* : : 1 : 2 : 3 : 4 ; 5, etc., ou : : 2 : 3 : 5 : 7, etc., mais rarement plus complexes.

Dans les dissolutions expérimentées par M. Biot (1), et peut-être beaucoup d'autres, il n'en est pas de même : entre les limites maximum et minimum de saturation, la combinaison varie continûment ; elle s'effectue toujours, quels que soient les rapports qui existent entre les quantités pondérales du dissolvant et du corps dissous, qu'elles se trouvent en présence à poids égaux ou comme 1 : 2 : 3, etc., ou bien

(1) Biot, *Mémoire sur plusieurs points fondamentaux de mécaniq. chimiq.;* 3ᵉ partie, *Des combin. ternaires formées par l'eau, l'acide tartrique et les alcalis* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, 1837, t. V, p. 856); et *Fin du mémoire sur plusieurs points de mécaniq. chim.*) *loc. cit.*, Paris, 1838, t. VI, p. 153).

: : 1 : 1 1/7 : 2 1/13, ou tout autre rapport imaginable. C'est là ce qu'on appelle *combinaison indéfinie*, fait qui toutefois n'est pas absolu, ainsi que nous l'avons vu. Il est probable que la combinaison est également continue dans les cas des autres dissolutions d'acides ou de sels, ou encore lorsqu'on dissout un métal dans un autre en toute proportion.

Il est à croire toutefois que, dans ce cas et dans quelques autres, il y aurait des points singuliers sur les courbes de solubilité ou de pouvoir rotatoire, indiquant que la dissolution n'est continue que dans l'intervalle des termes de la proportion, par suite de dissolution d'un des composés définis dans l'autre; ou peut-être n'y aurait-il qu'un seul point singulier correspondant à un seul alliage défini, et à partir de là continuité de sa dissolution dans le métal encore pur, à mesure de sa formation ; ou enfin peut-être y a-t-il simple mélange. En effet, la continuité de la dissolution (ou du mélange ?) est démontrée par l'expérience, et la formation de composés définis l'est par leur séparation à l'état cristallin pendant le refroidissement. Cette combinaison pourrait encore ne pas s'être formée du tout à cause de la température; alors la dissolution serait continue ; elle pourrait enfin ne s'effectuer que pendant le refroidissement au moment de la cristallisation.

L'expérience décidera entre ces divers cas possibles ; quels que soient les résultats, ils ne changeront rien aux faits énoncés par M. Biot, qui montrent que l'union des corps dans des rapports déterminés ou définis, à termes très rapprochés, n'est pas un fait absolument général des combinaisons chimiques. Malgré cela, cependant, il peut en être souvent une condition favorable, peut-être même la seule qui, dans beaucoup de cas, nous permette de réaliser ces combinaisons, ou bien d'en isoler les produits. (Voyez la combinaison dans l'eudiomètre d'un mélange quelconque d'oxigène et d'hydrogène qui a toujours lieu dans le rapport HO, etc.) Dans les dissolutions, par conséquent, la combinaison ne se forme pas toujours et uniquement par nombres discontinus, comme celles qu'on isole à l'état so-

lide. La composition des groupes moléculaires y varie continûment avec les proportions des substances qui exercent simultanément leurs affinités ; les produits constitués par nombres discontinus ne s'y présentent que comme des cas spéciaux, où les relations des proportions sont fixées par des circonstances auxiliaires. C'est ainsi qu'en géométrie on voit des courbes, continues dans la généralité de leur cours, présenter çà et là des points singuliers. Toutefois on ne peut pas affirmer ce fait pour toutes les solutions, car rien ne prouve que la même continuité des combinaisons dans l'état fluide doive nécessairement exister entre d'autres corps, ou même pour l'acide tartrique, dans les cas plus complexes où son action serait combattue par des affinités beaucoup plus puissantes que celles qu'il est capable d'exercer. Mais ainsi limitée, la conclusion à laquelle nous sommes parvenu est d'autant plus certaine qu'elle repose uniquement sur la marche générale des phénomènes de déviation de la lumière polarisée décrits dans les paragraphes précédents (1).

444. — L'expression combinaison *en proportion* définie ou déterminée est vicieuse, et tend à répandre beaucoup de confusion dans les discussions chimiques. C'est *combinaison en rapports déterminés ou définis* qu'il faudrait dire ; car les termes des rapports que nous venons de citer ne donnent pas lieu à établir de *proportion* quelconque, ainsi qu'on peut le voir dans les exemples cités plus haut. Ils donnent lieu seulement à former des progressions arithmétiques dont la différence est 1 ou 2.

1. La dissolution est le phénomène chimique le plus généralement répandu, le plus simple et le plus indépendant des autres; c'est donc le premier dont il y ait à s'occuper en chimie.

445. — Une autre question préliminaire à résoudre, après avoir montré que les dissolutions sont des combinaisons ou phénomènes chimiques ordinaires, et non des phénomènes

(1) Biot, *loc. cit.*, 1837, t. V, p. 862, et 1838, t. VI.

physiques de mélange, concerne la place qu'elles doivent occuper parmi les autres ordres de combinaisons.

1° Il n'est pas difficile de faire sentir que le phénomène de la dissolution est de tous les phénomènes chimiques le plus général. Il n'est pas ou presque pas de composé naturel ou artificiel, quel que soit son état, qui ne soit soluble dans quelque liquide, soit pur, soit, et surtout, tenant déjà d'autres substances en dissolution. C'est ainsi que le carbonate de chaux est soluble dans l'eau tenant déjà de l'acide carbonique en dissolution. Dans l'étude spéciale des principes immédiats définis, et principalement des substances organiques, nous aurons de nombreux exemples de dissolutions de ce genre à citer, principalement en ce qui concerne les principes des corps gras, l'albumine et les substances analogues, etc. Beaucoup de sels insolubles dans la plupart des liquides se dissolvent dans l'acide identique à celui qui est combiné avec leur base; les sulfates insolubles, par exemple, se dissolvent dans l'acide sulfurique, etc. Enfin, beaucoup de métaux insolubles dans la plupart des réactifs que nous avons se dissolvent dans le mercure; des métalloïdes se dissolvent dans divers composés, comme le soufre dans le sulfure de carbone, etc. Ainsi, jusqu'à présent il n'y a pas de corps pour lequel on n'ait trouvé au moins un dissolvant, c'est-à-dire un liquide susceptible de s'emparer de lui, de manière à en faire à son tour, par cette double union, un liquide homogène nouveau. Il y a, au contraire, beaucoup de corps simples qui ne peuvent se combiner entre eux, ou tout au moins ces combinaisons ou proportions définies sont restreintes à un nombre très limité. Il y a beaucoup aussi de corps composés, dans le cas des corps simples, qui ne peuvent être décomposés par leur contact réciproque ou avec les corps simples; lors même quelquefois qu'ils ont été préalablement dissous. En jetant un coup d'œil sur l'ensemble de ces faits, il est facile de voir que la dissolution est le phénomène chimique le plus général, et qui doit être étudié avant tous les autres, puisque ceux-ci dépendent ordinairement de l'accomplissement préalable

du premier, lequel est complétement indépendant des seconds.

446. — 2° Les phénomènes de dissolution sont de tous les phénomènes chimiques les plus indépendants, c'est-à-dire ceux qui exigent, pour s'effectuer, le moins de conditions extérieures de température, électricité ou autres. Il suffit, pour que deux corps se dissolvent, de les mettre en contact l'un de l'autre, toutes les fois qu'ils jouissent des propriétés électives nécessaires à tout phénomène chimique. Ce n'est que pour activer le phénomène ou l'étudier dans ses limites extrêmes, qu'on s'aide des conditions d'élévation de température, ou d'états électriques divers. Il est fort peu de combinaisons entre corps simples ou entre corps composés qui, au contraire, n'exigent une dissolution préalable d'abord, puis l'élévation de la température, l'action de l'électricité.

447. — 3° Les phénomènes de dissolution sont de tous les phénomènes chimiques les plus simples et les moins énergiques, ceux qui changent le moins les propriétés des corps qui se sont combinés. De faibles actions physiques, comme l'évaporation, l'abaissement de température, suffisent pour ramener sans décomposition les corps unis ensemble à leur état primitif. Le phénomène se passe avec la même simplicité pour les corps composés que pour les corps simples, tant pour le fait de la dissolution que pour celui de la décombinaison ou retour à l'état primitif. Ce sont des phénomènes chimiques à l'état rudimentaire, si l'on peut ainsi dire.

Plus on s'éloigne des faits de simple dissolution, plus devient grande l'intensité de la combinaison; plus les propriétés du corps nouveau obtenu s'éloignent de celles des corps primitifs simples ou composés, plus est grande la complication apportée à l'étude des corps par ces propriétés nouvelles.

Tous ces faits, joints à ceux des deux ordres précédents, doivent par conséquent faire placer l'étude des phénomènes

de dissolution avant les autres ordres de phénomènes chimiques.

Etant plus généraux, plus répandus que les phénomènes résultant de l'action réciproque des corps simples, ceux qui concernent les dissolutions doivent venir avant et non après. La grande analogie de ces phénomènes, qu'il s'agisse de la solution d'un corps simple ou composé, doit en faire faire une étude distincte et non disséminée au milieu des autres ordres d'actions chimiques. Quoique l'eau soit un corps composé, ce groupe ne doit pas être considéré comme une subdivision de l'étude des actions réciproques des corps composés, d'abord par les raisons exposées plus haut, et ensuite parce qu'il y a des corps simples qui jouent le rôle de dissolvant : tels sont le brome, le mercure.

448. — *Etude des phénomènes de dissolution.* Elle consiste à étudier l'action dissolvante de chaque liquide sur les solides, les liquides et les gaz successivement. Pour chacun d'eux, quand il y aurait lieu, on donnerait :

1° La détermination de sa *solubilité*, c'est-à-dire de la quantité de chaque solide, liquide ou gaz, qu'il peut s'approprier et rendre homogène comme lui. Cette solubilité varie suivant la *température*, l'*état électrique*, et même suivant l'état de repos ou de mouvement, vibratoire ou non, des liquides, surtout pour les températures extrêmes. On représente les relations de la solubilité avec les températures par une courbe graphique, en comptant les températures sur la ligne des abscisses et portant sur les ordonnées correspondantes des longueurs proportionnelles aux quantités du corps dissoutes par le même poids des dissolvants. On peut de la sorte, à l'aide de huit ou dix déterminations expérimentales de solubilité convenablement espacées dans l'échelle des températures, reconnaître avec précision les solubilités à toutes les températures intermédiaires. Il reste encore à construire la courbe de solubilité des principes immédiats, en un mot à étendre à tous les corps solubles dans l'eau ce qu'on a fait pour quelques sels. Il serait certainement important pour les arts, et

surtout pour les progrès de la chimie, d'en faire autant pour les corps solubles dans chaque dissolvant pris successivement, comme l'alcool, l'éther, etc.

2° Les dissolutions présentent quelquefois un certain nombre de caractères physiques et chimiques nouveaux qu'il faut étudier comme ceux de tout autre composé. Parmi ces caractères, il faut étudier la température à laquelle les solutions saturées entrent en ébullition, et l'influence de la substance dissoute sur l'évaporation du dissolvant, saturé ou non, à la température ordinaire. Il y a de plus à déterminer le degré d'abaissement ou d'élévation de température que détermine la dissolution des corps dans chaque dissolvant: cette détermination peut guider pour la connaissance de la constitution du corps. Ainsi il y a abaissement de température quand un sel qui se dissout renferme de l'eau de cristallisation; il y a production de chaleur quand il est anhydre. Il est très important aussi d'étudier, quand il y a lieu, les modifications du pouvoir rotatoire aux divers degrés de saturation, puisqu'ils peuvent montrer, ainsi que nous l'avons vu, s'il y a combinaison ou mélange.

449. — *De la déliquescence.* C'est à l'histoire générale des dissolutions qu'appartient l'étude de la dissolution ou absorption des gaz par les solides. Ces phénomènes sont de même ordre, un peu moins généraux, mais aussi simples et se faisant dans les mêmes conditions que ceux que nous venons de passer en revue.

En premier lieu, se présente l'étude de l'absorption de la vapeur d'eau par beaucoup de corps qui se combinent avec elle et qui passent ordinairement bientôt de l'état solide à l'état liquide ou demi-liquide. C'est à ce phénomène qu'on a donné le nom de *déliquescence;* on appelle *déliquescents* les corps qui le présentent. On étend souvent cette dénomination aux dissolvants liquides, comme l'acide sulfurique et beaucoup de liquides sirupeux obtenus durant les analyses anatomiques, lesquels ont la propriété d'attirer, d'absorber la vapeur d'eau, de la dissoudre, en un mot, en se combinant avec elle.

450. — *De la dissolution des gaz.* Dans les phénomènes de déliquescence ou dissolution d'un gaz (vapeur d'eau) par un solide, avec tendance de celui-ci au passage à l'état liquide, c'est toujours au fond un fait identique avec celui qui se passe en jetant de la potasse ou son carbonate dans l'eau. Ce sont seulement les conditions physiques qui sont différentes; le dissolvant est gazeux au lieu d'être liquide. Comme du reste il s'agit d'une combinaison, c'est-à-dire d'une action moléculaire réciproque, il n'y a rien d'étonnant de voir, suivant les conditions d'état et de quantité, l'un et l'autre corps considérés alternativement et indifféremment comme dissolvant ou comme dissous.

Peut-être même trouvera-t-on que l'absorption des gaz et des liquides par les corps poreux est assujettie aux mêmes lois que les dissolutions elles-mêmes, et comme elles soumise à la règle des proportions définies, dans les limites indiquées précédemment.

451. — Plusieurs principes immédiats sont déliquescents : tels sont quelques sels de soude que nous aurons à étudier plus tard, mais sur lesquels il n'y a rien à dire d'une manière générale. Ce sont principalement les liquides sirupeux obtenus dans beaucoup d'analyses qui présentent ces phénomènes, et nous nous en occuperons plus tard. Il faudra cependant étudier, d'une manière plus étendue qu'on ne l'a fait, l'absorption des gaz par les substances azotées, afin d'en tirer parti pour l'étude des phénomènes d'échange des gaz que présentent les tissus, soit pendant la vie, soit après la mort. Il en sera de même pour les phénomènes analogues présentés par les principes qui forment les corps gras et les huiles, en tenant compte toutefois des combinaisons d'un autre ordre qui habituellement ont lieu dans ce cas, et ont pour résultat de changer la nature élémentaire, les proportions des éléments de ces substances.

b. Conditions d'actions chimiques entre des corps simples.

452. — Si l'on excepte l'oxygène et l'azote dissous dans le

sang, tous les principes immédiats sont des corps composés ; aussi n'y a-t-il rien à dire ici sur cet ordre de combinaisons.

c. Conditions d'actions chimiques entre des corps composés, et entre des corps composés et des corps simples.

453. — 1° *Action des corps simples sur les corps composés.* L'ensemble des règles à suivre pour que cette action ait lieu, et des lois d'après lesquelles elle s'effectue, quant à ce qui concerne les métalloïdes, a reçu le nom de THÉORIE DES SUBSTITUTIONS. Elle ne présente aucune application à faire dans l'étude des principes immédiats.

454. — 2° *Actions réciproques des corps composés entre eux.* L'action décomposante réciproque des corps composés et les conditions dans lesquelles ils se combinent entre eux ne présentent rien dans les principes immédiats d'origine minérale qui soit différent de ce que nous enseignent les traités de chimie, relativement à l'action des sels les uns sur les autres, des acides, des oxydes sur les sels, etc.

Cependant il faut signaler ici une particularité du phénomène de décomposition qui se manifeste lorsque certains principes susceptibles de se décomposer mutuellement sont en solution dans des dissolvants complexes contenant de l'albumine. Dans ce cas on voit des sels qui se seraient décomposés mutuellement, rester en dissolution sans se précipiter. Peut-être trouvera-t-on les phénomènes de ce genre plus nombreux qu'on ne le croit, lorsqu'on les aura étudiés autrement que par hasard en quelque sorte.

455. — L'action des acides, des oxydes, des alcalis et des sels sur les principes immédiats définis d'origine organique varie dans chaque groupe, tels que les principes extraits des graisses, l'urée, l'acide hippurique, la créatine, etc. On trouve les phénomènes de cette action développés dans les traités de chimie parce qu'elle présente quelques faits généraux pour chaque série de composés chimiques analogues aux précédents, il serait conséquemment inutile d'en parler ici ; seulement nous en ferons l'application à l'histoire particulière de chacun de ces principes.

d. Théorie des combinaisons, ou exposé des lois de la constitution chimique des corps composés.

456. — L'observation de la manière dont les corps réagissent les uns sur les autres en se combinant et en se décomposant, ce qui a toujours pour résultat la formation de nouvelles espèces, et l'étude de leur composition, ont conduit à reconnaître plusieurs faits qui sont communs à toutes les combinaisons et décombinaisons.

Ces faits, entièrement généraux, sont les mêmes dans tout phénomène chimique : ce sont donc des LOIS CHIMIQUES ; ce sont des faits qui résultent de l'observation, qui auraient pu être autres qu'ils ne sont, mais qui sont tels que nous allons les exposer. Ces faits étant toujours les mêmes, il semble qu'ils sont soumis, *assujettis* par quelque chose à ne jamais avoir lieu autrement : de là vient qu'on emploie les expressions précédentes (*assujetti à des lois*) pour désigner la manière dont ils ont lieu ; de là aussi vient la tendance métaphysique de beaucoup d'auteurs à personnifier les lois, à en faire des entités, des volontés constantes, distinctes de la matière, placées au dehors d'elle et pourtant la dominant, agissant en elle.

457. — 1° Tout corps qui peut se combiner avec un autre s'unit avec lui en quantité fixe et *définie* (voyez plus haut les particularités que présentent les dissolutions) ; si l'on met un excès de l'un, il n'y a pas combinaison *indéfinie*, cet excédant reste libre en conservant toutes ses propriétés. Il peut se faire que entre ces deux corps il n'y ait qu'une seule combinaison ; mais souvent il se fait une série de combinaisons qui naturellement se font toujours en quantité fixe, c'est-à-dire, *définissable ;* aucune n'est *indéfinie*, la dernière est *définie* comme les autres.

Les nombres qui représentent le poids des corps simples combinés sont entre eux comme les termes 1, 2, 3, etc., ou 3, 5, 7, etc.

Ainsi 100 parties en poids de soufre se combinent avec

50 d'oxygène ; 100 avec 100 d'oxygène ; 100 avec 150 d'oxygène et non avec 51, 52 1/2, 53, ou bien 101, 102 ou tout autre nombre.

On a donné le nom de *loi des combinaisons multiples en proportions définies*, ou *loi des combinaisons en rapports déterminés* (ou simplement des *combinaisons définies*), au fait général des *combinaisons binaires* en quantité pondérable ou en volume fixe et invariable.

On l'appelle quelquefois *loi des proportions multiples*, ce qui est un non-sens ; car pour qu'il y ait proportion, il faut qu'il y ait *multiplicité* de combinaisons entre deux corps ; lorsqu'il n'y a qu'une seule combinaison entre deux corps, elle a lieu d'une manière fixe et définie, mais il ne peut pas être établi de proportion avec un seul terme. De plus, nous avons vu que l'expression *proportion* est impropre, car lés termes numériques obtenus donnent lieu à former des progressions et pas de proportion.

Il n'y a pas de rapport entre les quantités des différents corps qui peuvent se combiner avec un autre pris pour exemple : ainsi 200 d'oxygène en poids se combinent avec 2,703 d'argent, 1,713 de barium, 791 de cuivre, 512 de calcium, etc. On voit qu'il n'y a aucun rapport à établir entre ces nombres ; mais on peut en établir entre les composés de cuivre et d'oxygène Cu^2O, CuO, CuO^2, où le rapport de l'oxygène au cuivre est 1, 2, 3.

458.— 2° *Théorie des combinaisons en poids équivalents*, *ou théorie des équivalents*. Mais on observe que si 200 d'oxygène se combinent avec 2,703 d'argent, 1,713 de barium, 791 de cuivre, etc., il faudra 400 parties de soufre pour déplacer cet oxygène et faire un autre corps ayant des propriétés différentes, mais aussi nettes que celles de l'oxyde d'argent, etc. Ainsi, quand 2,703 d'argent, 791 de cuivre, 512 de calcium absorbent 200 d'oxygène pour faire un corps à la fois différent de l'oxygène et de l'argent, ils absorbent 400 de soufre et non 200, etc.

200 parties en poids d'oxygène *équivalent* donc à 400 de

soufre, et réciproquement ; ou d'autre part, 591 de cuivre suffiront pour remplacer 2,703 d'argent, 512 de calcium qui seraient combinés à 200 d'oxygène ou 400 de soufre. 791 de cuivre est donc *équivalent* à 2,703 d'argent, 512 de calcium, etc.

On donne le nom de *loi des équivalents* à ce fait général, qu'il faut toujours une même quantité de chaque corps, variable avec chacun d'eux, pour saturer un certain poids fixe d'un autre pris pour exemple. Ce poids a été déterminé pour tous les corps relativement à 100 parties en poids de l'oxygène pris comme type ; on l'appelle l'*équivalent* de ce corps, comme 100 est pris pour équivalent de l'oxygène.

La somme de l'équivalent de chacun des corps simples combinés entre eux donne le nombre représentant l'équivalent du composé qui en résulte. Quand l'un des éléments concourt à la formation du composé dans les proportions 2, 3, 4, etc., il faut naturellement multiplier par ces chiffres l'équivalent de cet élément pour avoir le nombre de l'équivalent du composé.

On voit qu'on appelle équivalent d'un corps simple le chiffre exprimant la quantité en poids de ce corps qu'il est nécessaire d'employer pour saturer 100 d'oxygène, ou remplacer exactement dans un composé l'un de ses composants. L'équivalent d'un composé est la somme des équivalents des corps simples qui le forment.

La *théorie des substitutions*, si elle était envisagée comme elle doit l'être, ne se bornerait pas à la considération du déplacement d'un métalloïde par un autre ; car la plupart des doubles décompositions ne sont que des substitutions, *équivalent à équivalent*, d'un corps simple ou composé à un autre, etc. On peut comprendre, par ce qui précède, que la *théorie des substitutions* n'est autre chose qu'un cas particulier de la *théorie des équivalents*, et combien l'une et l'autre seraient simplifiées, combien aussi leur valeur philosophique serait relevée, si les chimistes rattachaient convenablement les uns

aux autres les faits qui les concernent; car ils sont essentiellement connexes.

459. — 3° *Théorie des combinaisons en volumes déterminés.* On donne le nom de *théorie atomique* à une théorie dans laquelle, admettant que tous les corps simples, à l'état gazeux, renferment le même nombre d'*atomes* sous des volumes égaux, d'après leur égale capacité pour la chaleur sous cet état, *on étudie les rapports numériques qui existent entre les volumes des corps combinés, tous supposés à l'état de vapeur, ou gazeux.*

Ces rapports sont extrêmement simples : les volumes des corps combinés sont entre eux comme les nombres 1, 2, 3, 4, etc. On peut, par le calcul, déterminer le volume de la vapeur des corps qui ne sont pas volatils, ce qui a permis d'étendre cette étude à tous les corps.

En prenant le poids comparatif des gaz sous un même volume, on obtient ce qu'on appelle le *poids atomique.* Ce poids est toujours la moitié ou l'égal du nombre qui exprime l'équivalent des mêmes corps.

Quelques auteurs font encore les notations chimiques d'après le chiffre des volumes de vapeur, parce que autrefois on admettait comme démontré, que les chiffres qui expriment réellement les volumes relatifs de vapeur combinés expriment aussi le volume relatif des atomes de chaque corps. Ainsi, par exemple, 1 volume d'oxygène se combine avec 2 volumes d'hydrogène pour faire 1 volume d'eau en vapeur. On disait autrefois, et l'on dit encore : 1 atome d'oxygène se combine avec 2 atomes d'hydrogène pour faire 1 atome d'eau; au lieu de dire 1 équivalent d'oxygène se combine avec 1 équivalent d'hydrogène pour faire 1 équivalent d'eau. La théorie des équivalents a prévalu sur celle des atomes, parce qu'elle exprime un fait réel, et celle des atomes un fait hypothétique seulement.

Elle a cependant une valeur positive par sa transformation en *théorie des combinaisons en volumes déterminés.* D'autre

part, elle a une valeur historique importante, parce que c'est la première qui ait été faite, et celle des *équivalents* en est une simple transformation, mais qui a le pas sur la première, parce qu'elle offre un énoncé bien plus positif du fait et tend à préserver des enquêtes inaccessibles sur les atomes, auxquelles l'autre peut donner lieu.

Il suffit de réfléchir un peu à la nature des faits que nous venons d'exposer relativement aux combinaisons binaires, aux combinaisons en proportions définies, à la théorie des combinaisons en poids d'équivalents et en volumes proportionnels, pour reconnaître que ces quatre ordres de faits s'enchaînent et se lient très naturellement les uns aux autres. Du reste, il appartient aux chimistes seuls de faire ressortir cette liaison graduelle.

Il est facile de voir que de ces divers ordres de phénomènes le plus général, le plus simple et le plus indépendant, c'est celui des combinaisons binaires. C'est de tous le plus important, celui sur lequel repose la chimie tout entière, qui lui donne son homogénéité, son caractère scientifique. Les autres en sont des conséquences : la théorie des proportions définies en découle; celle des équivalents est une conséquence bien plus immédiate encore de celle-ci et de la première; car il serait difficile de comprendre que lorsqu'un corps simple ou composé se substitue à un autre, il pût se substituer à lui en toutes proportions. Le fait des combinaisons binaires pourrait exister seul; mais il est une condition d'existence des trois autres, lesquels sont dans le même cas, chacun pour celui placé à sa suite.

460. — *Du dualisme, ou des combinaisons binaires.*

On donne ce nom au fait général de la combinaison deux à deux des équivalents des corps simples, d'où résulte un nouveau corps dont l'équivalent n'est plus simple, mais lequel, en se combinant avec un autre corps, se comporte généralement comme s'il était simple. Ainsi, d'après ce fait, il n'y aurait pas de groupes d'atomes formés de 3 ou de 4 atomes unis ensemble avec une égale intensité; il n'y

aurait que des atomes unis deux à deux, et l'équivalent du composé binaire ainsi formé s'unirait à un autre formé de la même manière; à son tour, l'équivalent de ce corps formé de 4 atomes (quelquefois appartenant à quatre corps élémentaires différents) peut se combiner à un autre corps composé de 2 ou 4 atomes.

On voit, d'après cela, qu'il y a des *corps binaires*, *ternaires*, *quaternaires*, etc., c'est-à-dire formés de deux, trois, quatre, etc., corps élémentaires différents; mais les *combinaisons* sont *toujours binaires*, se font deux à deux; il n'y a pas de combinaisons ternaires, quaternaires, etc.

L'alun ammoniacal, par exemple, est un corps ou composé quinquénaire, c'est-à-dire formé : 1° d'azote, 2° d'hydrogène, 3° d'oxygène, 4° de soufre, 5° d'aluminium. L'équivalent de ce corps renferme cinq éléments, mais leur combinaison n'est pas quinquénaire ; les atomes ne sont pas groupés simultanément tous ensemble avec une égale intensité ; ils ne forment pas un groupe moléculaire ou atomique homogène de cinq éléments

On démontre, en effet, en chimie, qu'il est formé par la combinaison binaire du sulfate d'ammoniaque $(AzH^3.HO)SO^3$ avec le sulfate d'alumine $Al^2O^3.3SO^3$, et l'équivalent de ce sulfate double est combiné à son tour avec vingt-quatre équivalents d'eau, 24 HO.

Ainsi nous avons d'abord AzH^3, première combinaison binaire, combinée *binairement* avec HO, deuxième combinaison binaire. Le corps qui en résulte est combiné à son tour binairement avec SO^3, troisième combinaison binaire du composé ; et ainsi des autres pour toute la formule, qui est $(AzH^3.HO)SO^3 + Al^2O^3.3SO^3 + 24HO$.

On trouve nombre d'exemples de ce genre dans les aluns naturels et artificiels, dans les phosphates de soude ou de potasse, etc., dans les silicates alcalins, terreux ou autres, tant naturels qu'artificiels, et dans quelques sels encore.

Un composé binaire peut se combiner, équivalent à équivalent, avec un corps simple ; il n'est pas nécessaire, en un

mot, que le corps qui se combine avec une substance chimique composée soit elle-même composée. Ainsi l'acide sulfureux se combine avec le chlore et donne une combinaison binaire représentée par $SO^2 Cl$, c'est-à-dire par 1 équivalent d'acide sulfureux, corps composé, combiné à 1 équivalent de chlore, corps simple. C'est un corps ternaire, c'est-à-dire composé de trois éléments, formé par deux combinaisons binaires successives.

461. — Le fait du dualisme dans les combinaisons est démontré pour un certain nombre d'entre elles, mais non pour toutes. Sa réalité objective, c'est-à-dire expérimentale, n'est pas démontrée pour tous les composés, même d'origine minérale ; à plus forte raison, en est-il de même pour ceux d'origine organique. Il serait donc oiseux de discuter la vérité extérieure ou pratique du dualisme chimique ; car cette question, ainsi envisagée au point de vue de la démonstration expérimentale, est insoluble dans la grande majorité des cas. Néanmoins, pour sortir de la notion confuse, pénible et vague où l'on se trouve dans un grand nombre de circonstances, relativement à la constitution polygamique des composés d'origine organique, il devient nécessaire de l'instituer comme un moyen artificiel destiné à mettre de l'homogénéité dans les conceptions chimiques, qui sans cela restent sans utilité.

La répugnance à l'admission du dualisme chimique universel résulte surtout de ce qu'on y voit une loi naturelle au lieu d'un simple artifice logique, ce qui tient aux prétentions à la connaissance absolue d'un grand nombre de questions oiseuses ou impénétrables.

Quand on aura pleinement renoncé à connaître la nature intime ou essence de la constitution des corps, qui est complétement impénétrable, on sentira que le chimiste, se plaçant à un point de vue général, mais relatif, pourra toujours considérer comme binaire une combinaison quelconque, lors même qu'il ne sera pas encore parvenu à décomposer le corps en deux autres, et ainsi de suite jusqu'à ce qu'il ait des composés réellement binaires. Il suffit, pour cela, de distinguer, soit pour l'ana-

lyse, soit pour la synthèse, les deux modes naturels de composition, l'un immédiat (inconnu pour la plupart des composés naturels ou artificiels d'origine organique), l'autre élémentaire. Du reste, les artifices numériques introduits par les chimistes pour représenter ainsi la composition élémentaire des composés d'origine organique et minérale, réputés ternaires ou quaternaires, ne sont réellement déjà qu'une interprétation graphique de ce fait. L'institution du dualisme doit, en définitive, être regardée en chimie comme l'équivalent de l'inertie en mécanique et de l'hypothèse corpusculaire ou des molécules en physique. Ce sont les trois grands artifices logiques qui conviennent aux trois sciences inorganiques ou cosmologiques correspondantes, pour satisfaire aux besoins que fait sentir l'exposition régulière et facile de chacune d'elles. La chimie systématique ne peut pas plus se passer du dualisme que la mécanique de l'inertie et la physique des molécules. L'inertie est certainement dépourvue, comme le dualisme, de réalité objective. L'hypothèse des molécules n'est pas moins idéale, car nous ne saurons jamais au fond s'il y a continuité ou discontinuité dans la structure matérielle, malgré les préjugés actuels contre le plein et en faveur des pores des membranes organiques ou non, et des corps minéraux les plus homogènes (1).

462. — *Isomérie.* Il a été démontré que l'arrangement des molécules des corps n'entre pour rien dans leur pouvoir rotatoire; que celui-ci n'est aucunement modifié par les changements de disposition physique qu'on peut leur faire éprouver sans les altérer. Nous avons vu, au contraire, qu'il dépend immédiatement de leur composition chimique; que chacune de ses modifications est l'indice d'un changement de constitution élémentaire, et que c'est même le moyen le plus délicat d'arriver à constater la présence d'un phénomène moléculaire de composition ou de décomposition. Il est donc naturel d'ap-

(1) Voyez Comte, *Syst. de philosophie positive*, Paris, 1838, in-8°, t. III, p. 152, 156 et 263, et *Système de politique*, Paris, 1851, in-8°, p. 553 à 556.

pliquer ce moyen optique à l'étude des *corps isomères*.

On donne ce nom aux *composés qui ont une composition élémentaire identique, et pourtant dont les propriétés physiques et chimiques diffèrent essentiellement*. Tels sont les acides tartrique et paratartrique, malique et citrique, les sucres et les gommes, divers carbures d'hydrogène, plusieurs huiles essentielles ou d'autres non volatiles, et la plupart des substances albumineuses.

Ces composés forment néanmoins des combinaisons dissemblables en s'unissant aux mêmes corps.

Mais cette prétendue isomérie n'est qu'apparente et superficielle; elle n'est vraie que pour la grossière analyse élémentaire qu'on fait des substances d'origine organique; car il est à remarquer que tous les corps dont il s'agit sont des combinaisons complexes d'origine organique; beaucoup même sont des *substances organiques* de plusieurs principes immédiats les uns dans les autres. Il n'est par conséquent pas étonnant de rencontrer dans plusieurs d'entre elles les mêmes poids de carbone, hydrogène, etc. Mais ce n'est pas à dire pour cela qu'ils soient formés de principes immédiats identiques. Déjà, en effet, les chimistes reconnaissent qu'ils donnent *des produits différents* quand *on les analyse avec précaution*.

Ce fait et celui de la formation de composés dissemblables, quand ils s'unissent aux mêmes corps (bases ou acides), devait déjà faire penser qu'il ne s'agit pas pour ces substances d'une simple différence dans l'arrangement physique des molécules intégrantes.

Les prétendus corps isomères ne le sont que sous le point de vue du poids de chacun de leurs éléments considérés à part, mais ce ne sont pas du tout des corps de composition immédiate identique, et pourtant *dimorphes*, comme l'aragonite et le calcaire.

Ce ne sont pas des corps identiques, mais dimorphes. Il n'y a réellement de corps isomères que ceux qui sont identiques avec eux-mêmes, que ceux qui sont dimorphes, comme le soufre, le

calcaire ; mais il n'y a pas de corps isomères dans le sens adopté ordinairement : l'isomérie n'est admissible qu'autant qu'elle se confond avec le dimorphisme (voyez plus haut). Il n'y a de corps isomères qu'au point de vue de l'analyse élémentaire, mais nullement au point de vue de l'analyse immédiate. Ce qui le prouve, c'est que M. Biot a montré que toutes les gommes, sucres, dextrines, fécules, les huiles essentielles de térébenthine et de citron, les acides tartrique et paratartrique ont un pouvoir rotatoire différent. Or, ce caractère coïncidant toujours avec une composition chimique différente des molécules ou des composés, on doit admettre que les corps dont il s'agit diffèrent l'un de l'autre, et lorsqu'on en fera l'analyse immédiate convenablement, au lieu d'une brutale analyse élémentaire, on reconnaîtra chimiquement cette différence. Du reste, le mode différent de cristallisation de ceux qui sont des composés définis, leur solubilité différente ainsi que celle de leurs combinaisons avec les bases, les différences de solubilité des substances amylacées, albumineuses, etc., coïncidant toujours avec des différences de composition chimique, montrent que cette dissemblance existe et que la composition élémentaire n'est qu'un leurre que fera disparaître l'analyse immédiate, seule rationnelle pour des composés aussi complexes.

463. — Tous les composés définis, cristallisables ou sinon volatils sans décomposition à une température déterminée, pouvant être ramenés, comme nous venons de le dire, sans distinction d'origine, organique ou non, à un véritable dualisme, il n'existe donc pas deux sortes de chimie. Toute chimie est naturellement *inorganique*, c'est-à-dire *homogène* (1); et il est temps de quitter la marche routinière et remplie d'entraves nuisibles au progrès de la science, que suivent encore la plupart des auteurs.

Il faut, avec M. Dumas (2), renvoyer essentiellement à l'anatomie l'histoire des substances organiques, telles que la fi-

(1) Comte, *loc. cit.*, 1838, t. III, p. 152-156 et 263.

(2) Dumas, *Traité de chimie*. Paris, 1835, t. V, p. 77, in-8°.

brine, l'albumine, la cellulose, l'amidon, etc., qui étaient jusqu'à présent étudiés en chimie. Ces substances n'intéressent le chimiste que comme matière première de ses opérations. Il en est de ces matières comme des minerais dont on se sert pour extraire les composés définis qu'ils renferment ou qu'on peut créer avec leurs éléments.

La chimie minérale et la chimie dite organique se confondent en une seule science qu'on ne peut pas scinder en deux divisions même superficielles.

« En effet, est-ce bien sérieusement que l'on peut dire que le cyanogène et l'hydrogène bicarboné, qui résultent toujours et uniquement de la modification de corps organiques, sont pourtant des produits dépendants de la chimie minérale, tandis que l'acide oxalique, l'alcool, l'éther, l'acide sulfovinique, l'urée, seraient des matières organiques? Je cherche la différence qui sépare ces corps et ne puis la voir. » (Dumas.)

« Dans mon opinion, il n'existe pas de matières organiques; c'est-à-dire que je vois seulement, dans les êtres organisés, des appareils d'un effet lent, agissant sur des matières naissantes, et *produisant ainsi des* COMBINAISONS INORGANIQUES très diverses avec un petit nombre d'éléments. » (Dumas.)

« Les êtres organisés réalisent, pour les combinaisons du carbone avec les éléments de l'air et ceux de l'eau, ce que les grandes révolutions du globe ont produit pour les combinaisons de l'acide silicique avec les bases qui s'offraient à lui. De part et d'autre même complication. Les chimistes qui soutiennent que les substances organiques ont quelque chose de spécifique me semblent tout aussi fondés que les minéralogistes qui veulent, ou qui voulaient voir dans les minéraux autre chose que des espèces chimiques ordinaires... »

« Si je comprends bien les causes qui ont amené la séparation établie jusqu'à présent entre la chimie inorganique et la chimie organique, elles peuvent se résumer dans les observations suivantes.

» En chimie dite organique, on voit un petit nombre d'éléments produire une foule de combinaisons. Celles-ci sont peu

stables et se modifient avec une surprenante facilité. Les lois de combinaison observées dans la nature inorganique sont insuffisantes pour expliquer les faits observés dans la nature organique, comme si quelque chose de vital restait toujours dans ces dernières et leur imprimait le cachet originel, qui donne souvent à ces corps un air de famille et les fait reconnaître à l'instant.

» C'est ainsi que je m'explique comment les chimistes qui d'abord avaient, par simple mesure d'ordre, mis ensemble toutes les matières tirées du règne organique, ont fini par regarder cette classification comme fondée en raison.

» Mais j'ai déjà dit comment il était facile de concevoir que le charbon, l'air et l'eau, mis en rapport sous tant de formes et dans des appareils si variés, pouvaient produire des combinaisons si diverses elles-mêmes, dans la nature organique. Ne voyons-nous pas la chimie minérale se compliquer à mesure que nous découvrons de nouveaux principes d'actions?

» L'instabilité des combinaisons organiques, leurs modifications singulières, sont des faits qu'on pouvait présumer, dès que l'on voyait que les éléments dont elles se composent pouvaient se prêter à une multitude de combinaisons.

» De tout cela se tire une seule conséquence, c'est que les éléments peuvent se grouper sous une foule de formes. Mais au lieu de restreindre cette règle aux éléments des corps organiques, je ne crains pas de dire qu'elle s'étendra plus tard à tous (1). »

Du reste, ne voit-on pas des composés artificiels faits à l'aide de substances minérales, décrits en chimie organique, présenter une instabilité bien plus grande encore que celle des composés d'origine organique? L'hydrogène sulfuré, le perphosphoré surtout, le carbonate d'ammoniaque, et nombre d'autres composés plus ou moins complexes pour lesquels l'action de l'air ou de la lumière suffit pour amener la décomposition, sont certainement aussi peu stables que quelque principe immédiat que ce soit. Pourtant, jamais ce

(1) DUMAS, *loc. cit.*, 1835, p. 78-80.

seul caractère n'a fait songer à en faire une famille distincte des autres espèces. Rien, par conséquent, de plus artificiel, du moins de nos jours, que cette séparation entre les substances chimiques d'après leur origine, ou seulement celle des principes qui ont servi à les fabriquer.

« Si j'attache quelque prix à voir disparaître bientôt cette barrière inutile qui sépare encore les combinaisons des deux règnes, c'est précisément parce que j'ai la conviction intime et profonde que les progrès futurs de la chimie seront dus à l'application générale des lois observées dans ce qu'on appelle la chimie organique.

» Ceci posé, le lecteur ne sera plus surpris de voir que dans les corps d'origine organique, il en est qui se confondent par leurs propriétés avec les substances minérales, tandis que d'autres, moins bien connues, s'en éloignent à l'extrême (1). »

464. — Il est à regretter qu'après avoir si bien exposé les motifs qui doivent faire disparaître une division tellement irrationnelle de la chimie pour en faire un tout homogène et seulement alors réellement scientifique, c'est-à-dire coordonné, M. Dumas n'ait pas mis en pratique les règles qu'il indique. La raison en est, du reste, facile à comprendre, et tous les auteurs qui ont écrit après lui, même tout récemment, ont tous suivi l'ancienne routine.

Cela tient à ce que l'anatomie n'ayant jamais embrassé tout ce qu'elle devait comprendre, c'est-à-dire les substances mêmes qui composent les tissus (et les chimistes les croyant du domaine de leurs études, car il fallait bien les étudier quelque part), ils n'ont pu voir quelle était la limite à établir entre les espèces chimiques et le mélange de beaucoup d'espèces. Ils ont alors continué à rattacher les principes composants aux substances composées par eux.

(1) DUMAS, *loc. cit.*, 1835, p. 80-81.

B. Des conditions nécessaires à l'accomplissement des actes chimiques indirects ou de contact.

a. De la nature des corps catalytiques et des ferments (1).

465. — Déterminer la nature d'un corps, c'est donner la détermination de sa composition immédiate ou élémentaire, c'est préciser si elle est stable ou instable, définie ou indéterminée. Comme les propriétés d'un corps sont toujours et nécessairement en rapport avec cette composition, avec cet état statique, il en résulte qu'on ne peut étudier ces propriétés d'une manière précise, qu'on ne peut les déterminer nettement, qu'on ne peut savoir si elles sont purement physiques, chimiques, ou vitales, tant qu'on n'est pas fixé sur cette nature.

466. — Mais pour bien connaître un corps, il ne faut pas seulement savoir ce qu'il est, il faut encore savoir ce qu'il n'est pas.

Cela veut dire qu'il faut que cette substance, une fois étudiée en elle-même, soit comparée aux corps déjà connus, afin de pouvoir préciser en quoi ils sont ressemblants et en quoi ils diffèrent. Cela est surtout important lorsqu'il s'agit de corps de composition et de propriétés analogues sous quelques rapports, comme les substances organiques azotées, amylacées, etc. C'est le seul moyen de mettre un peu de clarté dans l'étude de phénomènes aussi complexes que ceux qu'ils présentent, et d'éviter de les confondre avec d'autres, comme ceux des corps vivants, par exemple, avec lesquels on les a si souvent confondus. On voit alors qu'il faut cesser d'appliquer à ces phénomènes les épithètes de *mystérieux*, d'*obscurs*, d'*étranges*, d'impossibles à analyser, de la même manière que depuis longtemps on cesse de dire les mystérieux phénomènes de la combustion, parce qu'on a appris à en connaître les conditions d'accomplissement, et par suite à les modifier dans de certaines limites, selon notre volonté.

(1) Ch. Robin, *Des fermentations*. Paris, 1847, in-4°, p. 24.

En voyant la manière dont sont traitées les fermentations, on croirait lire les traités des anciens alchimistes ; on en compare les phénomènes à ceux de la vie, comme ils lui comparaient la combustion et mille autres phénomènes qu'ils n'avaient pas encore pu bien analyser.

467.—Outre la propriété que possèdent les substances azotées qui ont subi le contact de l'air, de décomposer les substances analogues et les substances sucrées et amylacées en alcool et acide carbonique qui se dégage, elles en ont une qui leur est propre lorsqu'elles sont encore fraîches ou du moins inaltérées. Lorsqu'elles n'ont pas subi un commencement de décomposition, mises au contact des substances sucrées, gommeuses, amylacées, dissoutes, et d'autres matières encore, loin d'être attaquées par celles-ci, elles ont la propriété de les transformer en corps isomères ou de les dédoubler. Dans cette action, les matières albumineuses ne cèdent rien, elles n'agissent que par leur contact. C'est une de leurs propriétés spéciales qui donne lieu à un ordre spécial de phénomènes qui sera étudié en même temps que les décompositions causées par les *ferments*, qui n'agissent aussi que par contact.

468. — Nous devons maintenant examiner successivement les divers corps catalytiques et ferments, sous le point de vue de ce qu'ils sont et ne sont pas.

1° Le platine, l'or, le charbon et autres corps à l'état poreux font combiner l'hydrogène et l'oxygène dans les proportions qui représentent la composition de l'eau. Voilà des corps catalytiques bien définis. Nul ne songe à comparer leur action à celle des corps vivants. On ne peut pas l'expliquer plus qu'on explique la *combustion ;* aussi on lui donne un nom, *action de contact*, *action catalytique*, comme on en avait donné un à ce premier phénomène : rien de plus naturel.

Le ligneux, la soie, les laines, le coton, le terreau humides en font autant ; on rapproche ces propriétés, mais personne ne leur applique celle de vitale.

2° Même effet à peu près de ces corps sur l'ammoniaque et l'oxygène, l'alcool et l'oxygène.

3° Les corps précédents, plus les alcalis et la fibrine, décomposent le bioxyde d'hydrogène. Le bioxyde d'hydrogène n'est pas de l'eau : on ne peut pas dire que ce soit par avidité pour l'eau qui n'existe pas encore qu'ils agissent ainsi ; d'autant plus que des acides tout aussi avides d'eau restent sans action, ou empêchent, au contraire, la décomposition. On appelle encore cette action une *catalyse*, et les corps qui la déterminent sont appelés *corps catalytiques :* mais personne n'appelle cela une action vitale, ni une propriété vitale.

4° Quelques centièmes d'*acide sulfurique* ou *nitrique*, etc., au contact de la fécule, font subir à celle-ci la *catalyse dextrinique*. Chauffez plus longtemps, et la dextrine, ou le sucre, les gommes, vont se métamorphoser en *glucose*. C'est encore là une *action de contact*. Mais comme une substance d'origine organique, la diastase produit aussi le même effet tant sur l'amidon, pour en faire de la dextrine, que sur celle-ci et les sucres, pour faire du glucose ; on commence à l'appeler *fermentation*. Au fond, il est impossible de ne pas reconnaître que l'action est la même, soit qu'on se serve de l'acide, soit qu'on emploie la *diastase ;* ni l'un ni l'autre ne se combinent à la matière amylacée. C'est un phénomène identique dans les deux cas.

469. — Toute substance azotée, dès qu'elle n'appartient plus à l'économie vivante, dès qu'elle n'est plus soumise au doublement vital continu de composition et de décomposition, ne fût-elle que détachée de l'épithélium d'une muqueuse, et pourtant adhérente encore par le mucus, elle absorbe de l'oxygène et le remplace par de l'acide carbonique.

Le premier résultat de l'action de l'air sur ces corps azotés végétaux ou animaux, c'est de les rendre solubles dans l'eau.

Comme l'albumine, ils sont devenus coagulables par l'al-

cool; mais on peut les redissoudre dans l'eau, après précipitation et coagulation.

Pour tous ces corps azotés, on sépare la portion encore inaltérée en la coagulant par l'acétate de plomb, qui ne précipite pas la portion qui a subi le contact de l'air; puis on isole cette dernière restée seule, dissoute dans l'eau, par l'alcool qui la coagule. Il faut auparavant se débarrasser de l'excès d'acétate de plomb par le gaz sulfhydrique. Ce procédé est le même pour séparer de toutes les substances azotées végétales et animales la portion devenue soluble par suite du contact de l'air.

Laissez digérer de l'orge germée ou du gluten dans l'eau et à l'air, par une température de 20 à 25 degrés, vous aurez dans le liquide exprimé de la *diastase végétale*, dont nous avons parlé tout à l'heure.

5° Prenez le jus des carottes nouvelles et de diverses espèces de fruits pas trop mûrs, vous en précipiterez la *pectase* par l'alcool (1).

6° Lavez le tourteau d'amandes douces, le liquide renfermera la *synaptase*.

7° Traitez de la même manière celui de la moutarde blanche, vous obtiendrez la *myrosine*.

8° La salive, traitée comme il a été indiqué tout à l'heure, donnera la *ptyaline* ou *diastase animale*.

9° Laissez digérer, pendant vingt-quatre heures, la muqueuse gastrique avec de l'eau distillée; décantez et recommencez pendant plusieurs jours, jusqu'à ce qu'il *se manifeste une odeur putride*, et, par le même procédé, vous précipiterez la *pepsine*, aussi appelée *chymosine*, *gastérase*, *principe actif du suc gastrique*, etc.

Comparez entre eux les procédés indiqués par les auteurs pour extraire ces substances, et vous verrez qu'on opère toujours à l'air pendant des heures entières et quelquefois des

(1) Frémy, *Recherches sur la pectine et l'acide pectique* (*Journal de pharmacie*, 1840, t. XXVI, p. 368).

jours. De plus, c'est toujours le même procédé, basé sur la propriété commune à toutes ces diastases, synaptases, etc., de se coaguler par l'alcool, sans être précipités par l'acétate de plomb employé d'abord, sauf peut-être la pepsine; mais elle est redissoute par l'eau, pendant que l'albumine précipitée en même temps ne se redissout pas. Nulle réaction chimique ne les différencie.

Partout même origine d'une substance azotée laissée au contact de l'air, mêmes réactions au contact de l'acétate plombique, qui ne les altère pas, et de l'alcool qui les précipite sans leur ôter leur solubilité, ni leurs propriétés catalytiques déjà étudiées.

N'est-il pas évident que toutes ces substances sont, les unes comme les autres, un produit d'altération, ou, si l'on veut, d'une modification par l'air des matières albumineuses qui se trouvent dans toutes les cellules des plantes, ainsi que le fait est déjà admis, pour la diastase et la synaptase, par quelques auteurs (1).

470. — Ce qui le prouve encore, c'est que celles qui ont été analysées ont la même composition élémentaire, à fort peu de chose près, que les substances qui les ont fournies. Ce ne sont donc pas plus qu'elles des composés définis, invariables. Nulle, du reste, n'est cristallisable.

Ainsi, ce ne sont pas des substances particulières, des principes immédiats déterminés, existant dans un état que l'on puisse parfaitement fixer : ce n'est, en quelque sorte, que parce qu'elles subissent accidentellement le contact de l'air, qu'elles déterminent des catalyses ou des fermentations dans les plantes et les animaux.

Ainsi, la pepsine, la diastase animale ou ptyaline, ne sont pas des principes immédiats de nos humeurs intestinales. Elles n'ont pas une existence propre et distincte, comme l'albumine, la fibrine fraîches. Elles ne seront donc étudiées, ainsi que leurs propriétés, qu'à la suite de ces principes, mais comme le produit de leur modification par l'air.

(1) Dumas, *loc. cit.*, 1843, t. VI.

471. — On objectera peut-être que toutes ces substances peuvent être obtenues séparées de tout autre corps, douées chacune de leurs propriétés spéciales. C'est ainsi, par exemple, que la synaptase, ou mieux la caséine végétale dont on l'extrait, agit sur l'amidon ou le sucre de la même manière que la levûre ou le gluten qui a subi le contact de l'air ; tandis que ces deux dernières substances ne sont pas capables d'opérer le dédoublement de l'amygdaline en essence d'amandes amères et acide prussique.

C'est encore ainsi que la myrosine ne peut être remplacée par aucun autre corps catalytique pour donner lieu à la catalyse synapisique.

Mais le gluten pris en masse peut être séparé en trois principes différents : la *glutine*, la *fibrine*, et le *caséum végétal;* d'autre part, l'albumine végétale et la légumine diffèrent évidemment des précédents et entre elles. Il n'est donc pas étonnant que, suivant la prédominance d'un ou de deux de ces principes dans telle ou telle plante, le produit de leur altération par l'air y soit différent. Il est même surprenant qu'il ne le soit pas davantage.

Du reste, on n'a pas encore comparé soigneusement ces divers produits entre eux sous le rapport de leur action catalytique. Comme tous les liquides et solides contenant des substances albumineuses ou fibrineuses jouissent des mêmes propriétés, soit comme corps catalytiques, soit comme ferments pour le glucose, soit même chez les animaux pour la *catalyse digestive*, il est probable qu'ils se ressemblent davantage, sous le rapport de leurs actions, qu'on ne le pense généralement. Ne sait-on pas, enfin, d'après les recherches d'Ernest Burdach, qu'on peut extraire la pepsine de toutes les parties molles du corps, fait qui s'applique à tout ce qui précède et à ce qui va suivre.

Nous savons quelles sont les propriétés de ces corps pour la production des catalyses dextrinique, glucosique, lactique, benzoïlique, sinapisique, etc. Qu'on leur donne spécialement le nom de *fermentations*, quoiqu'elles n'aient pas les carac-

tères des fermentations, au lieu du nom de *catalyses*, peu importe au fond, puisque tout le monde s'accorde à les appeler *actions de contact*, comme désignation de famille ou classe : ce qu'il faut fixer, c'est qu'il n'est certainement personne qui voudrait comparer ces phénomènes de catalyses dextrinique, glucosique, etc., aussi déterminées par l'acide sulfurique, à des actions vitales, fussent-elles des plus compliquées, comme la catalyse sinapisique.

472. — Prenons un ordre de phénomènes plus compliqués.

10° Toutes les humeurs et les tissus desquels on extrait les corps catalytiques dont nous venons de parler déterminent la même action que ceux-ci. Telle est la salive pour les catalyses dextrinique, glucosique, puis alcoolique; telles sont les membranes muqueuses, musculaire, séreuses, de l'estomac, de la vessie, pour les actions attribuées à la pepsine; ainsi des autres. Nous connaissons déjà suffisamment la nature *non définie* chimiquement des substances qui s'altèrent dans ce cas; il en serait de même pour le caséum, la fibrine, le gluten isolés. Il est bien certain que, soit qu'ils opèrent une catalyse ou bien une fermentation, ce ne sont pas des corps définis, et que plus il y a de temps qu'ils sont morts, plus est rapide le commencement de l'action qu'ils exercent.

Celle-ci est naturellement moins nette, moins précise, dans ses résultats que dans le cas où l'on se sert des diastases, synaptase, pepsine, etc., qu'on en peut extraire comme autant de produits de leur altération. Elle se complique d'actions nouvelles, ou bien une action succède à l'autre au fur et à mesure que l'altération des corps azotés donne lieu à des produits nouveaux en avançant de plus en plus.

Du reste, ce fait n'a rien d'étonnant, lorsqu'on voit que la diastase elle-même est susceptible de s'altérer à l'air et de donner des produits autres que ceux qu'elle donne à l'état frais. Ainsi de la diastase exposée à l'air humide depuis deux jours, mise en contact de l'amidon à l'air ou dans le vide, le transforme en acide lactique en aussi peu de temps qu'à l'état frais il aurait donné du glucose (Boutron et Frémy). Ce fait prouve

bien que les diastases, etc., ne sont pas des principes immédiats, mais des produits d'altération des substances organiques.

473. — Dans ces phénomènes de contact, l'action de ce corps mis en présence des autres, et ne leur fournissant aucun de ses éléments, n'a rien d'absolument spécifique. Tout dépend de l'état dans lequel il se trouve au moment où il exerce son influence de contact (dont la nature intime ou première est inconnue). Nous parlerons bientôt des conditions de température, etc. Ainsi une même substance peut jouer les rôles de corps catalytiques ou de ferment, suivant son degré d'altération. Reste à extraire des diastases diverses, suivant chaque degré de modification. Comme exemple on peut citer les membranes animales fraîches qui, au contact du sucre, deviennent aptes, suivant leur degré de modification, à former successivement de l'acide lactique, puis de la mannite, de la matière visqueuse, et enfin de l'acide carbonique et de l'alcool (Boutron et Frémy) (1).

474. — Si l'on prend une membrane fraîche de l'estomac d'un animal qui ait été lavée à grande eau pendant longtemps, on reconnaît qu'elle n'a pas d'action appréciable sur les matières fermentescibles ; mais, conservée quelque temps dans l'eau, elle acquiert rapidement la propriété de transformer le glucose en acide lactique. Souvent, du reste, dans ce cas, les catalyses sont multiples, à cause des différents produits d'altération de la muqueuse correspondant à divers degrés de modification, qui constituent autant de corps catalytiques et de ferments particuliers. On est plus sûr en prenant une vessie sèche qu'on expose à l'air humide ; elle s'altère et détermine la catalyse lactique du glucose. Mais encore faut-il qu'elle soit arrivée à un état convenable de modification que l'expérience seule enseigne (Boutron et Frémy).

On voit par là que, dans l'étude des catalyses et fermenta-

(1) BOUTRON et FRÉMY, *Sur la formation de l'acide lactique* (*Journal de pharmacie*, 1840, t. XXVI, p. 477).

tions, il faut donner une attention toute particulière aux modifications qu'éprouve le corps catalytique employé, puisqu'à chaque degré d'altération il exerce une action de contact différente. Ainsi, dans la pratique, lorsqu'on agit sur de grandes masses de substances au contact de l'air et pendant des jours et des semaines, il faut donc s'attendre à des actions successives, ou même bientôt simultanées, très compliquées, et par suite à des produits divers.

Ainsi donc le corps catalytique varie, l'action qu'il exerce varie ; il y a corrélation intime et constante entre ces deux choses : cette action nous est inconnue dans sa nature intime, comme celle de la combustion ou de tout autre phénomène ; mais qu'importe, nous connaissons le fait, nous connaissons les lois qu'il suit, et, d'après cette connaissance, nous pouvons le modifier à notre gré, à notre avantage. C'est là tout ce dont nous avons besoin, après tout. Toutes recherches pour expliquer cela par des mouvements moléculaires des actions vitales est naturellement vaine et conduit à des puérilités, sans rien apprendre d'utile, ni même d'intéressant ; car en y ajoutant les épithètes d'étrange, obscur, mystérieux, comme on est forcé de le faire, on avoue implicitement qu'on ignore ce que l'on croit expliquer : l'esprit, restant dans le doute et le vague, n'est satisfait en rien.

475. — Mais serait-ce les végétaux ou les animaux contenus dans ces matières pourries qui seraient la cause des actions de conctact qu'elles exercent ?

Ceux qui confondent ensemble les actes les plus divers le soutiennent ou sont portés à l'admettre.

Mais d'abord les viandes pourries, étant alcalines, n'offrent pas de végétaux. On peut, du reste, s'en assurer à l'aide du microscope.

Serait-ce les animaux ? Nullement. Il résulte, en effet, d'expériences établies par M. Verdeil et moi, que des viandes altérées ne présentant pas trace d'infusoires, ainsi que le microscope nous l'a montré, glissées dans du glucose placé sur le mercure, dans le vide par conséquent, ont déterminé

la fermentation en deux ou trois heures ; moins activement que la levûre placée dans les mêmes conditions ; mais pourtant de la manière la plus manifeste.

Il est certainement inutile de s'occuper de savoir si les catalyses glucosiques, lactiques et autres, déterminées par les acides, les bases, les diastases, synaptase, pepsine, etc., sont dues à la présence d'animaux ou de végétaux dans ces matières. On peut s'assurer facilement qu'elles n'en contiennent pas trace, et, en agissant dans le vide, leur propriété se manifeste comme à l'air.

Ce ne sont certainement pas non plus les actes vitaux de plantes et d'animaux infusoires qui déterminent la catalyse lactique du glucose injecté dans le sang ; de celui qu'on verse dans le sang extrait de la veine ; non plus que la destruction du sucre hépatique en quelques heures après la mort.

476. — Voyons donc maintenant si les ferments représentés par des amas de végétaux microscopiques, si les *levûres*, en un mot, ont quelque chose de particulier, de spécial qui les différencie des corps catalytiques et ferments ci-dessus ; qui donne à leur action un caractère vital, un caractère autre qu'une simple influence de contact, inexplicable en soi, mais très réelle, et qu'il faut savoir se borner à constater, à prendre pour ce qu'elle est, sans avoir la prétention d'en découvrir l'essence.

Les *levûres* sont des ferments qui se développent pendant une fermentation commencée à l'aide de substances azotées. Les *levûres* sont, comme le dit M. Colin (1), un résultat (un produit en quelque sorte) de la fermentation : ces ferments sont formés d'un amas de petits végétaux (genres *Cryptococcus* et *Torula*).

D'abord ces levûres ont une action assez limitée ; elles déterminent des fermentations, mais il y a beaucoup de catalyses qu'elles ne déterminent pas (sinapisique, benzoï-

(1) Colin, *Mémoire sur la fermentation du sucre* (*Annales de phys. et de chim.*, 1825, t. XXVIII, p. 118), et *Mémoire sur la fermentation* (*loc. cit.*, 1825, t. XXX, p. 42).

lique, etc.). Elles ne font que hâter la fermentation ammoniacale, mais ne la déterminent pas.

477. — Doit-on, d'autre part, considérer les champignons microscopiques dont l'application constitue les ferments appelés *levûres*, comme leur partie essentielle, celle dont la présence excite le dédoublement du glucose? Mais nous avons vu qu'il n'en est rien, puisque la viande gâtée, dépourvue de végétaux et d'animaux, détermine la fermentation. Ainsi la fermentation commence avant qu'il y ait des végétaux développés, et cela même lorsqu'on place un ferment tout formé dans le glucose sur le mercure, c'est-à-dire hors du contact de l'air.

Ces êtres ne sont donc pas la cause du phénomène.

Seulement, comme lorsqu'on agit à l'air ils trouvent toutes les conditions nécessaires à leur développement (température, humidité, matières animales altérées), ils se développent très rapidement et en grande quantité.

Mais du reste on sait, d'après les recherches de Liebig, que la levûre lessivée convenablement avec de l'eau distillée et privée d'air, en ayant soin de laisser toujours une couche d'eau sur la matière, cesse bientôt d'être susceptible de faire fermenter l'eau sucrée. L'eau de lavage, au contraire, a acquis la propriété de ferment, mais elle est moins active que la levûre intacte. Ainsi, c'est donc aux principes dissous dans l'eau interposée à ses globules que la levûre doit son action de ferment.

478. — Comment se ferait-il, du reste, que les êtres vivants eussent là une action nécessaire, lorsqu'on voit les diastases, la pepsine et toutes les substances analogues extraites des corps altérés, déterminer les mêmes actes ou d'autres dont l'analogie avec ceux-ci n'est repoussée par personne; qui, au contraire, sont regardés par tous les auteurs, sans exception, comme de même ordre que les fermentations? Or, voici la majeure partie des phénomènes de contact qui ne sont dus évidemment ni à des animaux ni à des végétaux; il n'est donc pas bien étonnant de voir la levûre être dans le

même cas, et ne jouant le rôle de ferment qu'en raison des matières azotées altérées qu'elle entraîne.

Pour compléter, dit-on, l'analogie entre les ferments et les animaux, il faut ajouter que de même qu'il faut aux animaux, pour vivre et se développer, une nourriture azotée, de même tous les ferments exigent aussi de ces mêmes matières animales pour se développer.

La recherche des causes finales conduit là, comme partout, à des puérilités, et n'est autre chose qu'une perversion de l'étude des conditions d'existence. En effet, du moment où les diastases, pepsine, etc., dérivent toujours d'une modification des substances azotées qui va jusqu'à en altérer la composition, il est tout naturel de trouver que les matières de ce genre soient indispensables pour que ces corps catalytiques se développent. Si au contraire pour se développer ils pouvaient se contenter de matières d'origine minérale, ou simplement d'eau, d'air, de sels et de sucres ou de gommes, pour en faire des substances azotées comme les végétaux, c'est alors que leur analogie avec les êtres vivants eût été réelle. Mais il n'en est rien. Les corps catalytiques n'exigent les matières azotées que parce que ces substances sont le ferment lui-même; mais voilà tout. Quant à la *levûre*, elle exige les matières azotées, parce qu'elle ne peut vivre sans cela; c'est, comme pour beaucoup de végétaux, un des ordres de substances nécessaires pour qu'elle puisse vivre, c'est un de ses aliments, c'est sa condition d'existence. La levûre se développe tant qu'il y a les conditions nécessaires pour qu'elle se développe; autrement elle meurt, et alors ses propriétés cessent, parce qu'il n'y a plus là les substances azotées qui jouent le rôle catalytique, vu qu'elles ont été assimilées par le végétal. La diastase se forme tant qu'il y a du gluten, etc., pouvant se modifier; il n'en saurait être autrement. Dès qu'il y a des substances susceptibles d'être dédoublées et tant qu'il y en a, ces corps catalytiques agissent, c'est-à-dire dédoublent les substances qu'ils touchent, parce que c'est leur propriété d'agir ainsi; mais cela ne veut pas dire que ce soient des

êtres vivants. Il y a certainement plus d'avantage et de vérité à prendre les choses pour ce qu'elles sont qu'à se perdre dans ces comparaisons remplies de contradictions et de vague. Il serait inutile de passer en revue tout ce qu'on a mis en avant sous ce rapport.

479. — Toute cette théorie qui suppose que les levûres agissent parce qu'elles sont formées d'êtres vivants, et que c'est le mouvement moléculaire vital de ces êtres qui entraîne un mouvement parallèle et analogue de dédoublement dans les corps fermentescibles, est entièrement hypothétique et opposée aux faits, comme on le voit. C'est dans leur ardeur à vouloir tout expliquer que des chimistes ont admis cela, et avant même de savoir si les expériences l'appuieraient. Et comme les actes élémentaires de la vie (double mouvement continu), quoique chimiques au fond, ne se trouvent encore formulés que dans les écrits de M. de Blainville, et par suite sont généralement ignorés, on a été conduit naturellement à comparer les phénomènes chimiques les moins connus au seul ordre de phénomène qui fût encore assez obscur (pour la plupart des esprits) pour tolérer toutes sortes d'hypothèses. De même qu'à l'époque où l'on voulait expliquer la nature intime des combustions, on comparait ce qu'on ignorait à la vie qu'on ignorait davantage encore ; de même ici on a comparé les fermentations, bien plus faciles à étudier que les phénomènes vitaux, à ceux-ci. Ces prétendues explications, qui n'apprennent rien, ont beaucoup plus nui que servi.

b. Des conditions dans lesquelles se passent les actions chimiques de contact ou indirectes.

480. — Le seul résultat utile auquel la comparaison des phénomènes de contact à ceux de la vie ait conduit, c'est de faire mettre un peu d'ordre dans l'étude des conditions nécessaires à leur accomplissement. Il n'est, du reste, jamais résulté que cela de la comparaison entre les actes chimiques et les actes vitaux.

Pour qu'une fermentation ou autre phénomène de contact ait lieu, il faut, dit-on, la matière azotée organisée qui constitue

le ferment, et une matière cristallisable non organisée qui éprouvera la fermentation. Il est naturellement bien certain que pour qu'une fermentation ait lieu il faut un ferment et une substance fermentescible. Mais il n'est pas du tout nécessaire qu'elle soit organisée. Les diastase, pepsine, synaptase, myrosine, ne sont aucunement organisées ; elles sont le produit d'altération de substances organiques qui concouraient à former un organisme, mais qui elles-mêmes n'étaient pas même organisées. Le fait devient bien plus évident encore, si l'on y joint, comme il faut le faire, les autres catalyses déterminées par le platine, l'or, les acides, etc.

Ce sont là des conditions spéciales que nous signalerons bientôt. Mais il nous reste à étudier l'influence : 1° de la chaleur, 2° celle de l'eau, 3° celle de l'air, c'est en effet l'ordre de leur importance ; puis, 4° enfin celle de divers agents chimiques (acides, sels etc.).

481. — 1° *Chaleur.* Pour qu'une action de contact, surtout une fermentation, ait lieu, il faut une température qui soit au moins de 15 à 20 degrés, mais qui ne dépasse pas 60 à 75 degrés.

Cela est tout naturel, d'après ce que nous savons des corps catalytiques, qui la plupart sont de nature albumineuse, et par conséquent sont nécessairement détruits au-dessus de 70 degrés. D'autres fois, mais rarement, c'est le corps catalysé que la chaleur détruirait. Nous verrons plus loin que si le corps catalytique est un acide (catalyses dextrinique et glucosique), on peut chauffer jusqu'à l'ébullition.

Quant à la température de 15 à 20 degrés au moins, qui est nécessaire, il y a une foule d'actions chimiques qui sont dans ce cas. C'est une des conditions d'existence du phénomène, mais cela ne constitue pas une analogie avec les êtres vivants ; seulement, comme ce sont d'excellentes conditions pour le développement des infusoires végétaux et animaux, ils se développent souvent en abondance, et comme en mille autres circonstances la coïncidence a été prise pour cause.

482. — Ordinairement dans toutes les actions de contact,

les produits obtenus présentent des différences qui sont en rapport avec les divers degrés de température intermédiaires aux précédents. Ainsi la composition chimique, l'odeur, la saveur du vin, varient suivant la température et la profondeur des caves où se passent les fermentations. A la température ordinaire, le sucre de lait devient acide lactique au contact du caséum ; à une température plus élevée, on a un liquide riche en alcool qui à la distillation donne une véritable eau-de-vie (Liebig). Il y a nombre d'exemples analogues parmi les autres phénomènes de contact.

Comment, en voyant cela, est-il possible de dire que l'influence de la température sépare les catalyses des autres phénomènes chimiques? Ne voyons-nous pas aussi, pour chacun de ceux-ci, qu'avec les mêmes substances on obtient des produits différents, suivant les conditions de température où a lieu l'opération?

Dire que les fermentations ne s'expliquent ni par l'intervention de la chaleur, ni par celle de l'électricité, ne signifie rien, car elles n'expliquent pas davantage les autres phénomènes chimiques. Nous connaissons mieux peut-être l'influence de la chaleur sur tel cas donné d'action chimique directe ; mais nous en savons autant pour plusieurs phénomènes de contact, et avec le temps on connaîtra aussi bien les uns que les autres.

483. — 2° *Influence de l'eau.* Elle est nécessaire à la plupart des actions de contact comme à la plupart de tous les actes chimiques ; il n'y a rien là de particulier.

Ainsi donc on se rend compte aussi nettement des phénomènes de contact que des autres phénomènes chimiques ; on les explique tout aussi bien que les autres. On a cru expliquer quelque chose par l'affinité, la chaleur, l'électricité, la lumière ; mais on n'expliquait rien du tout : ce fut simplement un moyen d'arriver à en connaître les lois de production ; il en est de même ici.

484. — 3° *Contact de l'air.* Si l'on excepte les catalyses oxydantes toutes spéciales, nitreuses, hydrique et acétique, le

contact de l'air est tout à fait inutile dès qu'on emploie un corps catalytique déjà formé.

Aussi nulle considération ne sépare davantage les phénomènes chimiques de contact des actes vitaux que celle-là.

L'air n'est utile que pour la formation des corps catalytiques, c'est-à-dire pour l'altération de la matière azotée. Une fois cela fait, il devient inutile. Il n'a pas d'autre influence dans l'expérience qui consiste à conserver intact le jus de raisin sur le mercure, et à le faire fermenter dès qu'on y glisse une bulle d'air. La levûre même, une fois formée, n'a pas besoin du contact de l'air pour agir.

Rien de plus naturel que de voir beaucoup de fermentations s'opérer dans les corps organisés après la mort, quoiqu'il n'existe dans leurs organes aucun ferment tout formé : en effet, nous savons que les corps catalysables sont à peu près tous d'origine organique, et que le contact de l'air sur leurs substances azotées a pour résultat la formation d'un corps catalytique.

485. — 4° *Influence des agents chimiques.* Tous les acides puissants, les sels et oxydes métalliques, pourvu qu'ils soient solubles, qui altèrent les matières albumineuses, empêchent les fermentations de se développer ou font cesser celles qui ont commencé; fait qui n'a rien que de naturel. Ce qui prouve bien que c'est cette raison qu'il faut invoquer ici, c'est que les alcalis organiques vénéneux ne font rien. Les alcalis minéraux, même faibles, ou arrêtent le phénomène, ou le ralentissent. Dans ce dernier cas, il recommence bientôt, parce que habituellement les liquides s'acidifient pendant les fermentations, ce qui amène la saturation de la base. Les acides faibles favorisent les actions de contact.

Il n'y a aucun argument à tirer de cela en faveur de la nature vitale de ces actes, car nombre d'actions chimiques présentent des particularités analogues. Les essences, la créosote, même en petite quantité, arrêtent les fermentations.

486. — Il serait inutile de suivre les auteurs dans leurs considérations sur les causes finales des fermentations et cata-

lyses. Là, comme toujours, elles n'enseignent rien du tout, et ne conduisent qu'à des contradictions sur le prétendu but que l'entité nature se serait proposé. Ainsi, après avoir admiré l'artifice par lequel la nature réalise le but évident qu'elle s'est proposé, c'est-à-dire le dédoublement des matières organiques complexes en substances plus simples analogues à celles du règne minéral, afin qu'elles servent de nouveau d'aliments à d'autres êtres, on ne s'étonne pas moins des effroyables désordres, des effets immenses produits par l'introduction d'un ferment dans le sang, comme en sont des exemples les piqûres anatomiques, les infections purulentes, etc. Mais ici il y a des erreurs à relever, car il est faux de prétendre que dans ces cas il y ait envahissement de l'économie par des myriades d'êtres microscopiques se multipliant aux dépens de la matière animale. On sait, en effet, que tout au contraire, lorsqu'on injecte dans le sang des infusions remplies d'infusoires, ceux-ci disparaissent bientôt, meurent et se dissolvent probablement par catalyse, et ce n'est qu'alors que commencent les accidents d'infection. Il en est de même pour les globules de pus, ce n'est qu'après qu'ils se sont dissous dans le sang que les accidents qu'ils causent prennent toute leur intensité.

Nous avons vu déjà quelle était la valeur de l'hypothèse d'après laquelle les ferments seraient, ou des animaux, ou des végétaux.

487. — Ainsi, *en résumé*, les corps catalytiques et ferments, considérés en eux-mêmes, ne présentent rien d'analogue à ce que montrent les animaux et végétaux dans leurs actes chimiques élémentaires de composition et de décomposition, qui ont pour résultat le maintien de l'existence du corps où se passe le phénomène. Quand ces ferments ne sont pas organisés, et sont simplement des matières d'origine organique, on les retire intacts du liquide dans lequel ils ont opéré une catalyse, toutes les fois que les conditions pour une altération plus avancée ne se rencontrent pas. C'est le cas de la pepsine dans les digestions artificielles, de la diastase mise dans une solution de glucose. S'ils sont dans d'autres conditions, ils pourrissent

(catalyse butyrique consécutive à celle lactique). S'ils sont organisés comme la levûre, l'action essentielle ne leur appartient pas; elle appartient aux substances interposées aux individus microscopiques. Il n'y a là rien de vital en ce qui concerne le corps doué de la propriété catalytique.

PARTIE DYNAMIQUE.

Des actions chimiques qui servent à la distinction des espèces de principes pendant ou après leur extraction.

488. — Nous avons déjà dit qu'une règle fondamentale de l'art de la logique, est que toute science envisagée tant au point de vue statique qu'au point de vue dynamique peut servir de moyen expérimental et intellectuel d'investigation pour celle qui la suit dans l'ordre hiérarchique de complication croissante des phénomènes qu'elle étudie. Nous pouvons donc ici faire rationnellement des emprunts à la chimie dynamique.

489. — Les principes immédiats, et tous les corps chimiques en général, peuvent présenter deux classes d'actions chimiques distinctes l'une de l'autre par les conditions dans lesquelles ils se passent, et par leurs résultats.

A. La première classe comprend tous les phénomènes chimiques dans lesquels deux substances réagissent directement l'une sur l'autre, ou bien un corps se décompose spontanément, sans corps intermédiaire, soit qu'il y ait seulement combinaison, comme entre l'oxygène et l'hydrogène par l'électricité, entre la potasse et l'acide sulfurique, etc.; soit qu'il y ait composition et décomposition, comme dans les cas de mélange avec l'air du phosphure inflammable PhH^3, ou action de l'acide sulfurique sur le carbonate de potasse, ou bien combinaison par double décomposition, comme, par exemple, entre le sulfate de soude et le nitrate de chaux, etc.

Ce sont les *actions chimiques directes ou proprement dites.*

Il faut les étudier dans les deux ordres de lieux où ces corps

peuvent être placés : *a.* dans le vide ; *b.* dans les milieux, air ou eau, et plus spécialement aussi dans d'autres liquides.

B. La seconde classe comprend tous les phénomènes chimiques dans lesquels deux corps ne réagissent l'un sur l'autre, ou bien un seul corps ne se décompose que par l'intermédiaire d'un autre qui ne cède ni n'emprunte rien à ceux qui se combinent ou à celui qui se décompose, et n'agit que par sa présence.

Ce sont les *actions chimiques indirectes*, *de contact*, *ou catalytiques.*

Il faut les étudier aussi : *a.* dans le vide ; *b.* dans les milieux ambiants, air ou eau, et plus spécialement encore, mais accessoirement, dans d'autres liquides.

Déjà nous avons indiqué qu'il faut ici tenir compte des *corps intermédiaires* et de celui ou de ceux qui se décomposent ou se combinent. Cette classe de phénomènes est par conséquent plus compliquée que la précédente.

La plupart des principes immédiats peuvent se décomposer sous l'influence de quelque corps intermédiaire ou *catalytique* ; quelques substances d'origine minérale présentent le même phénomène quand elles sont complexes, ou se combinent quand ce sont des corps simples.

Les corps intermédiaires, ou catalytiques, tirent également leur origine de l'un et de l'autre règne ; on ne sait trop en quelle proportion, mais, d'après ce qu'on sait présentement, plus nombreux dans le règne organique que dans l'autre.

Cette classe comprend : 1° les *phénomènes catalytiques ou de contact proprement dits* (catalyses) ; 2° les *fermentations ;* 3° les *putréfactions.* Tous sont des phénomènes chimiques indirects, et se lient les uns aux autres par leur complication croissante.

A. Phénomènes chimiques directs ou proprement dits.

a. Dans le vide.

490. — Nous savons déjà que tous les composés chimiques, principes immédiats ou non, substances organiques

ou corps cristallisables, se conservent indéfiniment dans le vide; car c'est la plus exacte soustraction à toute cause de destruction qu'on puisse obtenir. Dans de pareilles conditions il n'y pas de corps plus instables que d'autres.

b. Dans les milieux.

491. — 1° *Dans l'air.* Au contact de l'air les principes immédiats soumis à l'action de la *chaleur*, *lumière*, *électricité* se comportent comme nous l'avons exposé précédemment. En général, ils se décomposent facilement par la chaleur, en se combinant à l'oxygène; ceux du moins du second groupe et ceux du troisième ou substances organiques.

Ces dernières, lorqu'elles sont privées d'eau, c'est-à-dire sans être décomposées et séparées de toute autre substance mêlée ordinairement avec elles, comme de la fibrine ou des corps gras sans albumine et réciproquement, se conservent sans altération à l'air. Nous prenons ici l'air tel qu'il est avec ses différents gaz, son eau, etc., car l'air privé d'eau n'est plus de l'air, c'est de l'oxygène, ou de l'azote, puisque l'air est un mélange dans lequel les composants agissent chacun comme s'il était seul.

Beaucoup de principes immédiats, même parmi ceux qui sont cristallisables ou volatils sans décomposition (2e groupe), sont cependant déliquescents, comme l'acide lactique, et quelques uns de ses composés.

D'autres, au contraire, sont efflorescents, c'est l'air qui dissout leur eau; ce ne sont guère que quelques principes d'origine minérale, déjà cités (carbonate, sulfate de soude, etc.).

Pour beaucoup l'action ne se borne pas à une simple dissolution de l'eau; il en est qui, comme les principes des huiles et de presque toutes les matières grasses, absorbent l'oxygène et se combinent à lui; ils rejettent de l'acide carbonique comme dans les cas de combustion. Il reste à préciser quels sont ceux des principes cristallisables constituant ces matières, qui se combinent réellement à l'oxygène.

Si l'on excepte les substances organiques, c'est-à-dire des composés indéfinis, il n'y a pas de principe immédiat qui se décompose par simple contact de l'air. Les principes cristallisables présentent moins d'exemples de ce genre peut-être que les composés minéraux artificiels. Seulement il y en a davantage qui sont décomposés par les agents physiques soit dans le vide, soit dans l'air, ainsi que nous l'avons vu, soit par l'action des acides ou autres composés.

492. — 2° *Dans l'eau et autres liquides.* C'est dans cet ordre de milieux que se passent les actions chimiques les plus importantes. Nous avons établi précédemment que les dissolutions sont des combinaisons.

Nous avons également étudié dans les limites de ce qui est nécessaire à la suite de ce livre tout ce qui concerne les combinaisons des corps simples ou des corps composés entre eux et leur facile altérabilité au contact de certains acides, du chlore, de l'iode et autres corps avides d'hydrogène.

Les lois de la constitution chimique des corps, relatives à leur composition binaire, à leur composition en rapports déterminés, à la combinaison en poids équivalents et en volumes proportionnels, ont également été exposées à leur place. Il reste à traiter la question dynamique correspondante relative à la fixité ou à l'instabilité de ces combinaisons, en ne tenant compte autant que possible, comme pour ce qui précède, que des choses indispensables à notre but.

Le fait capital sur lequel repose cette discussion est celui-ci : que toutes les *substances organiques* dissoutes dans l'eau ou simplement humides se combinent très facilement à l'oxygène et forment de l'acide carbonique. Quels sont les principes nouveaux qui se forment par cette combinaison de l'oxygène avec le carbone de ces corps (combustion)? c'est ce qu'on ignore aussi. Mais on sait que la substance considérée en masse a acquis alors la propriété d'entraîner la décomposition des corps mélangés à elle ou dissous dans le même liquide; soit qu'il s'agisse de substances analogues, de principes cristallisables d'origine organi-

que ou même minérale (sulfates, phosphates, etc.). Les phénomènes de cette altération sous l'influence du contact des corps précédents doués de cette nouvelle propriété seront décrits plus bas. On donne alors le nom de *ferments* à toutes ces substances organiques azotées devenues susceptibles de déterminer la décomposition de celles qu'elles touchent.

Certains principes inaltérables à l'air, lorsqu'ils sont secs, s'altèrent au contraire lorsqu'ils sont dissous dans l'eau ou humectés avec ce liquide : telles sont l'albumine, la fibrine, etc.

Enfin, comme on le sait, presque toutes les combinaisons et doubles décompositions s'opèrent dans les corps préalablement dissous, soit dans l'eau, soit dans quelque autre liquide. Les lois de ces décompositions et autres réactions sont les mêmes pour les principes immédiats cristallisables que pour les autres corps de la chimie et ne nécessitent présentement aucun détail.

Il faut seulement signaler la facilité avec laquelle s'opèrent les combinaisons et décompositions de beaucoup de principes, soit à l'état de fusion, ou mieux encore de dissolution, comme celles des principes des corps gras au contact des oxydes. Ces actions varient trop suivant la nature de chaque composé, pour qu'il soit possible de faire autre chose que de les indiquer dans ces généralités; pour y revenir plus tard à propos de chaque espèce, jusqu'à ce qu'on en ait découvert les lois, comme déjà on l'a fait pour les corps gras, ou par la substitution du chlore, iode, etc., à l'hydrogène de quelques uns.

493. — On remarque, et c'est là une loi de chimie dynamique, que plus le nombre des équivalents de deux corps combinés ensemble est considérable, moins est stable la combinaison qu'ils forment.

C'est ce qu'on observe, par exemple, dans beaucoup de carbures d'hydrogène où l'un des éléments entre pour 64 parties en poids et l'autre pour 80 (camphène, etc,) et se rapprochent en quelque sorte ainsi des combinaisons presque indéfinies. On comprend que, du moment où la stabilité d'un

corps binaire de ce genre est peu considérable, il en sera de même à plus forte raison, de ses combinaisons avec d'autres corps de ses dissolutions. Or c'est ce qu'on observe dans plusieurs principes immédiats.

C'est là un fait général toujours observé et dont il faut tenir compte ; il faut l'accepter puisqu'il est fréquent, et le prendre pour ce qu'il est.

Mais il serait ridicule de croire qu'on a fait progresser la science et qu'on a expliqué quelque chose en imaginant « une force attractive qui tient les parties intégrantes de ces composés unies entre elles ». Y a-t-il quelque chose de plus dépourvu de réalité et de plus superficiel que de faire jouer un rôle de la manière suivante à cet être ou force imaginaire : « Les directions de cette force attractive se multiplient avec le nombre des atomes qui sont réunis dans un même groupe ; la force attractive diminue dans le même rapport que la multitude des directions. Deux atomes réunis formant une combinaison ne peuvent s'attirer que par un seul côté ; toute la somme de leurs forces attractives ne se manifeste que dans cette seule direction ; si un deuxième, un troisième atome viennent s'y ajouter, il faut qu'une partie de cette force soit employée à attirer et à fixer encore ces derniers. La conséquence naturelle qui en résulte, c'est que l'attraction réciproque de tous les atomes devient plus faible ; ceux-ci opposent une résistance moins grande qu'auparavant aux causes extérieures qui tendent à les déplacer. Dans le sel marin l'affinité ne se manifeste que dans une seule direction ; dans l'atome de sucre elle s'exerce dans trente-six directions différentes. »

Mais comment est-il possible de se livrer à des considérations imaginaires sur un ordre de recherches aussi inaccessible et de faire ainsi des hypothèses qu'il n'est pas plus possible de prouver que de renverser, lorsque parmi ces substances minérales que l'on trouve si différentes des autres, par la manière dont on fait fonctionner bénévolement cette force attractive ou affinité, il se trouve quantité de corps même binaires qui se décomposent sous les moindres influences. Que

fait donc cette force attractive? Pourquoi cette paresse dans le bioxyde d'hydrogène, le deutoxyde et le sulfure d'azote, l'acide azoteux, le bisulfure d'hydrogène, les chlorures et iodure d'azote, l'oxyde de phosphore, les phosphures d'hydrogène, et quantité d'autres corps qui, au simple contact de l'eau, de l'air, ou par une légère élévation de température, se décomposent facilement? Ils brûleraient la plupart au contact de l'air, bien certainement avec la même facilité que les corps d'origine organique, si l'on en préparait une assez grande quantité. Le sucre, l'albumine, l'urée, ont évidemment une stabilité infiniment supérieure à celle de ces corps, et si l'on tient à la force attractive, il faut avouer qu'elle joue beaucoup mieux son rôle ici que dans les substances minérales ci-dessus.

494. — Les éléments des principes immédiats sont l'oxygène, l'azote, l'hydrogène, le carbone. Les trois premiers à l'état libre sont gazeux; le premier et le troisième ont la propriété de se combiner facilement avec beaucoup de corps. Le carbone est fixe, mais il forme avec l'oxygène et l'hydrogène des combinaisons gazeuses et se combine facilement avec eux. En outre les composés que le carbone et l'hydrogène forment le plus aisément avec l'oxygène sont très stables, l'acide carbonique et l'eau.

D'après cet état de choses on comprend sans peine comment il se fait que les matières organiques sont altérables, surtout à une température élevée, surtout lorsque, étant humides ou dissoutes, elles sont en outre au contact de l'air.

C'est là en effet une propriété des *corps dissous*, de se combiner plus facilement aux autres, soit en totalité, soit en se décomposant pour abandonner une partie de leurs éléments. (1).

495. — « De la tendance à se putréfier qu'ont la chair des animaux et la partie herbacée des végétaux abandonnées à elles-mêmes, on aurait tort de croire que la stabilité caractérise les composés inorganiques, et les propriétés contraires

(1) Chevreul, *loc. cit.*, 1824, p. 57-58.

des composés organiques. Il est facile de citer un assez grand nombre de combinaisons inorganiques, telles que l'or et l'argent fulminant, l'oxyde de chlore, le chlorure d'azote, l'hydrogène perphosphuré, les hydrosulfates alcalins, dont la tendance à se transformer en produits, soit par une légère élévation de température, soit par le contact de l'air, est encore plus marquée que celle que l'on observe dans la plupart des composés organiques altérables. Si les composés inorganiques qui se trouvent à la surface de la terre sont stables, c'est, comme je l'ai dit, parce que leurs éléments étant neutralisés par l'oxygène ou par un autre comburant puissant (soufre, phosphore, chlore), ils ne peuvent plus éprouver de changement par leur contact avec l'eau et l'air ; ils sont au maximum de stabilité dans les circonstances où ils se trouvent placés. Les influences de la chaleur, de l'eau et de l'air pour altérer les composés organiques étant reconnues, on en tire d'utiles conséquences, non seulement pour l'analyse immédiate de ces composés, mais encore pour les moyens de les conserver (1). »

B. Phénomènes chimiques indirects ou de contact que présentent les principes immédiats.

Préliminaires.

496. — Les phénomènes de cette classe sont de trois ordres bien distincts, quoique pourtant analogues.

Ce sont : 1° les catalyses ou *phénomènes de contact proprement dits*, qui ont pour résultat soit des combinaisons, soit des transformations ou métamorphoses isomériques, et quelquefois des dédoublements, mais rarement (action de la mousse de platine sur le mélange d'hydrogène et oxygène, des acides faibles de la diastase sur l'amidon, etc.).

2° Les *fermentations* qui ont pour résultat la décomposition d'un corps en deux ou trois autres avec production de chaleur, et généralement dégagement d'acide carbonique.

3° Les *putréfactions*, phénomènes dans lesquels on observe

(1) Chevreul, *loc. cit.*, 1824, p. 58-59.

les deux ordres d'actions précédentes et de plus des phénomènes de combustion.

Nulle part peut-être l'absence d'ordre et de coordination dans l'étude des actes chimiques ne se fait sentir d'une manière plus prononcée qu'ici. Aussi, naturellement, nul sujet ne paraît plus obscur que celui dont il est question. Nulle part il ne règne plus de confusion tant sur la discussion de leur nature que sur la place qu'ils doivent occuper parmi tous les autres phénomènes chimiques. Tantôt il en est question à propos des produits auxquels ils donnent naissance ; tantôt ils sont décrits à part, mais confusément, en réunissant comme appartenant à un seul groupe ceux des trois précédents.

C'est à Berzelius qu'on doit le rapprochement de ces trois espèces de phénomènes analogues (1).

Il ne restait qu'à en établir le parallèle, avec des phénomènes chimiques proprement dits.

Malgré la netteté avec laquelle il établit l'analogie qui existe entre elles, depuis le fait de combinaison de l'oxygène et l'hydrogène par contact avec la mousse de platine, de la décomposition de l'alcool en éther et en eau par l'acide sulfurique, jusqu'aux phénomènes les plus compliqués de fermentation, et enfin de putréfaction, on a jusqu'à ces dernières années (2) négligé d'en tenir compte.

Le fait de la combinaison de certains corps entre eux par simple contact du platine, du charbon, etc., ou de leur décomposition par simple contact de l'acide sulfurique, de la potasse, de la levûre, etc., leur est propre ; c'est une propriété qu'ils ont, comme ils ont celle d'être lourds ou légers, de se combiner difficilement ou facilement à l'oxygène, d'être incombustibles ou de brûler. Cette propriété, ainsi que le remarque Berzelius, appartient à des corps d'origine minérale comme à des corps d'origine organique.

(1) Berzelius, *Traité de chimie*, 4e édit., trad. Valerius. Bruxelles, 1838, grand in-8°, t. II, p. 295-296.

(2) Ch. Robin, *Des fermentations*. Paris, 1847, in-4°, p. 5 et suiv.

Du moment où tous les corps ne se combinent pas entre eux au contact du platine, ne se décomposent pas au contact de la levûre, cela montre que certains corps seulement ont la propriété de se combiner ou de se décomposer dans ces conditions. Du moment où tous les corps n'ont pas la propriété de déterminer l'union, ou la décomposition de ceux qui les touchent, on doit en conclure que seulement quelques uns, comme le platine, le charbon, la levûre, etc., jouissent de cette propriété. Il faut se borner à constater le fait et à étudier les lois du phénomène.

Mais de ce que cette propriété existe, ce n'est pas une raison pour en faire une force nouvelle *sui generis* (force catalytique : καταλυω, je dissous) chargée « d'opérer les décompositions, de produire les phénomènes de combinaison. » C'est simplement créer une entité nouvelle, comme on en plaçait une autrefois à côté de toute propriété de couleur, d'électricité, être imaginaire qui n'explique rien et dont la création à notre époque ne fait que reculer la difficulté sans rien enseigner sur la manière dont les choses se passent. Il ne sert à rien non plus de dire qu'elle n'est pas indépendante des *relations électriques* de la matière, et que bien au contraire elle est un mode particulier dont ces dernières manifestent leur action. C'est parce qu'alors Berzelius soutenait la *théorie électro-chimique*, qu'il concevait ainsi les choses. Mais il est assez reconnu maintenant qu'en concédant aux molécules d'un système fixe et uniforme de propriétés électro-chimiques, on n'aurait encore nullement éclairci la notion élémentaire des phénomènes chimiques par leur vaine assimilation aux notions électriques proprement dites, car on n'aurait ainsi établi aucune harmonie intelligible entre les prétendues causes et les effets réels. Si par une obstination inutile, trop ordinaire à l'esprit humain, on voulait sauver la théorie électro-chimique en investissant arbitrairement l'influence électrique de tous les attributs spécifiques et moléculaires qui caractérisent essentiellement l'action chimique, on n'aboutirait en réalité qu'à restaurer sous une forme nouvelle l'entité primi-

tive de *l'affinité*, laquelle serait seulement décorée de quelques qualités matérielles purement hypothétiques qui ne sauraient la rendre plus positive.

497. — Il est par conséquent de fait, dit Berzelius, qu'un grand nombre de corps, tant simples que composés, tant solides que dissous, ont la propriété d'exercer sur des substances composées une influence différente des actions chimiques ordinaires; de provoquer dans ces substances un arrangement des principes constituants dans d'autres proportions, sans qu'ils doivent concourir à l'action au moyen de leurs principes constituants. Cependant toutefois il y a des cas où ce concours peut avoir lieu et favoriser l'action.

Cette action paraît, à proprement parler, consister en ce que des corps peuvent par leur simple présence, et non par toute autre intervention que ce soit, exciter des actions assoupies à cette température et déterminer les éléments d'un corps composé à se grouper d'une autre manière.

Définitions et division du sujet.

498. — Comme il s'agit dans ces phénomènes d'une particularité nouvelle des actes chimiques, on peut sans inconvénient adopter les noms introduits dans la science par Berzelius. Ils évitent toute périphrase et répétitions et ne nuisent pas à la netteté de la conception du phénomène, dès qu'on reconnaît que c'est là un fait inexplicable en soi, qui se passe d'après des lois déterminables, et qu'il faut prendre comme il est; dès qu'en un mot, on n'attache plus à ces mots l'idée d'une entité correspondante, distincte de la matière, et pouvant, suivant son gré, intervenir ou non. Ainsi on peut dire d'un corps qui est doué de la *propriété catalytique*, c'est-à-dire que comme la mousse de platine, il détermine par simple contact des métamorphoses et dédoublements de certains corps. C'est le sens adopté par Berzelius, et alors l'expression *phénomène catalytique* est synonyme de *phénomène de contact*. Mais ordinairement on réserve avec raison, à cette dernière expression, un sens plus général; elle sert à désigner toute la classe des phénomènes, et chacun des trois ordres reçoit les noms : 1° de

catalyse (καταλυω, je dissous, phénomènes de contact proprement dits); 2° de *fermentation* (de *ferveo*, être échauffé, agité); 3° *putréfaction* (de *putris*, pourriture; *facere*, faire).

On donne souvent le nom de *corps catalytiques* à tous les corps qui exercent des actions de contact; mais on réserve plus spécialement cette expression pour désigner ceux qui effectuent la catalyse, et celui de *ferment* pour ceux qui font fermenter. Il n'y a que fort peu de corps qui jouissent des deux propriétés. Presque toutes les substances albumineuses fraîches sont des corps catalytiques et ne sont pas des ferments. Altérées par l'air, au contraire, elles acquièrent la propriété de faire fermenter et perdent leur propriété catalytique proprement dite et spéciale. Ainsi les corps catalytiques et les ferments sont des corps qui diffèrent ordinairement, mais non toujours, physiquement et chimiquement.

Dans la nature et dans les liquides extraits des plantes, la catalyse est souvent presque immédiate, c'est un phénomène naturel. La fermentation est une altération artificielle ; pour qu'elle ait lieu, il faut attendre que le ferment soit formé aux dépens et par altération du corps catalytique, par contact de l'air bien plus prolongé que pour le cas précédent, corps catalytique dont les propriétés se trouvent alors détruites. La putréfaction est une complication de fermentations multiples par des phénomènes de combustion, etc., et comme elle commence à l'air, sans qu'il soit besoin d'apporter tout fait un corps analogue aux ferments, il n'y a pas pour cet ordre de phénomène de contact d'expression analogue à celles de *corps catalytiques* et de *ferments*.

499. — Les réactions chimiques qui s'opèrent dans cet ordre d'actions, et qui font graduellement, par la destruction d'un composé, passer les éléments à un autre état de combinaison, qui à son tour passe quelquefois bientôt à un autre état spécifique, reçoivent les noms de *fermentation* et de *putréfaction*, et donnent naissance à un grand nombre de produits remarquables et à des phénomènes que je décrirai plus tard (1).

(1) BERZELIUS, *Chimie*, loc. cit., 1838, t. II, p. 296-297.

Ainsi, en prenant les exemples choisis par Berzelius, on voit que : Quelquefois le temps pendant lequel on abandonne un mélange des gaz hydrogène et oxygène dans les proportions qui constituent l'eau, ces gaz ne se combinent jamais, même en présence d'un corps avide d'eau, comme l'acide sulfurique concentré ; car, en effet, comment comprendre l'affinité d'un corps pour un autre qui n'existe pas encore. Cependant si l'on plonge de la mousse de platine, ou seulement des feuilles de ce métal dans le mélange, la combinaison des deux gaz s'effectue.

Chauffez une dissolution d'amidon dans un acide dilué, et sans se combiner à l'acide, le premier se transforme en dextrine, puis en glucose.

Une dissolution pure de sucre de canne peut rester longtemps sans s'altérer ; mais ajoutez de l'acide sulfurique étendu, le sucre, sans se combiner avec l'acide, fixe de l'eau dans les proportions qui constituent le glucose.

Placez du caséum ou du gluten frais dans une solution de glucose, et celui-ci se transformera en acide lactique sans rien prendre à la substance azotée.

Mettez, au contraire, du caséum ou du gluten pourris ou bien de la levûre dans une solution de glucose, et ce dernier sans rien emprunter à ces substances, ni à l'eau ni à l'air, se dédoublera en alcool et en acide carbonique qui se dégage. Ce dernier fait simule un bouillonnement plus ou moins prononcé, et, comme la température s'élève, on a donné le nom de *fermentation* (de *ferveo*, être échauffé, bouillir, bouillonner, être agité) aux phénomènes de contact dans lesquels il y a dédoublement d'un corps avec dégagement de gaz et de chaleur. On a, par suite, donné le nom de *ferment* (*fermentum*, *fervimentum*, Pline ; de *ferveo*) à toutes les substances qui donnent lieu à la fermentation (dédoublement d'un corps avec dégagement de gaz) par leur simple contact, sans entrer pour rien elles-mêmes dans le phénomène. On appelle *substance*, ou *corps fermentescible*, celui qui est susceptible de se dédoubler avec dégagement de gaz et chaleur au simple

contact d'un ferment. La *levûre* est un produit végétal microscopique qui se développe en grandes masses dans la fermentation alcoolique et qui a la propriété de la déterminer de nouveau ; la levûre est, par conséquent, une espèce de ferment très actif particulier par sa nature, qui se développe pendant la fermentation, s'il peut la déterminer : il n'est pas indispensable absolument pour qu'elle ait lieu.

500. — Laissez de la viande ou une substance albumineuse quelconque, humides, au contact de l'air, elles en absorbent l'oxygène, et dégagent de l'acide carbonique, de l'ammoniaque, des hydrogènes carboné, sulfuré, phosphoré, des huiles grasses volatiles, de l'eau, de l'acide acétique.

Cette absorption de l'oxygène avec rejet d'acide carbonique est une propriété générale de la substance organisée vivante (moins les végétaux colorés en vert, au contact de la lumière du moins). On ne sait pas quels sont les produits qui se forment alors par cette combustion du carbone aux dépens des substances organiques, mais toutes les parties du corps jouissent de cette propriété, la surface de la peau, les séreuses, les muscles mis à découvert, etc.; ces produits sur le vivant sont certainement enlevés par le mouvement d'endosmose et exosmose des liquides intra et extra-vasculaires.

Quoi qu'il en soit, ce phénomène continue après la mort comme pendant la vie, et les substances organiques azotées qui le présentent ont acquis la propriété de déterminer la fermentation : elles sont devenues des *ferments*. Cette propriété, elles l'exercent soit sur les sucres et amidon, soit elles-mêmes. Aussi les viandes pourries déterminent une altération rapide des viandes fraîches, et, une fois commencée, elle s'étend aux portions encore intactes bien plus vite qu'elle n'avait commencé. Il s'exerce donc là des phénomènes de contact proprement dits, des fermentations et des combustions avec diverses doubles décompositions des sels. Le nom de *putréfaction* a été donné à ces phénomènes complexes de décomposition avec dégagement de gaz et d'huiles fétides. Ils se rapprochent des phénomènes de contact sous plusieurs rapports,

mais forment une subdivision parfaite de leur complexité. Il y a certainement plusieurs espèces de putréfactions, comme il y a plusieurs fermentations, plusieurs phénomènes de contact proprement dits.

501. — Voilà des phénomènes de composition, de décomposition et de transformation dont la chimie offre de nombreux exemples, et pour tous lesquels le corps, ajouté à celui ou à ceux qui se transforment ou s'altèrent, n'est modifié en rien ; il ne cède rien.

Le corps ajouté n'agit que par contact par sa simple présence. Les matières azotées fraîches, ou altérées de manière à constituer un *ferment*, ne cèdent rien, n'empruntent rien au corps dont elles déterminent la modification. Sous ce point de vue, elles se rapprochent de la mousse de platine et autres matières poreuses comme le charbon, la pierre ponce qui ont des effets analogues. Tous ces phénomènes doivent être rangés dans la classe des actions de contact; mais tous ne doivent pas recevoir le même nom, celui de *fermentation*, par exemple, qui a été donné par extension à beaucoup de phénomènes dans lesquels rien ne fermente. De là une confusion extrême dans ces actions chimiques, qui ne sont désignées comme les plus obscures de la chimie que parce qu'on y a jeté la confusion.

Ainsi, d'une part, quoique reconnaissant que les *fermentations* sont des *phénomènes de contact*, on en sépare les actions déterminées par l'acide sulfurique, la mousse de platine et autres corps poreux, qui sont les actions les plus simples, les plus nettes de cette sorte, et qu'on peut prendre pour type du genre. Dès lors de nombreuses actions analogues à ces dernières, ne trouvant plus leur place, sont réunies sous le nom de *fermentations*, quoiqu'il n'y ait pas traces de cet acte, quoique rien ne *fermente*. Dès lors l'action des matières azotées fraîches qui transforment le sucre en acide lactique sans fermentation est confondue avec celle des mêmes substances, mais pourries, qui décomposent le sucre en alcool et en gaz carbonique avec fermentation. Puis à côté de tout cela on place

la putréfaction qui devient une fermentation, sous le nom de fermentation putride; avec beaucoup plus de raison, il est vrai, car il y a réellement là des fermentations, mais sans tenir compte suffisamment des différences qui apportent les phénomènes de combustion et de décomposition des sels.

Ainsi nous trouvons dans la classe des phénomènes de contact plusieurs ordres qui s'enchaînent les uns aux autres et présentent plusieurs faits analogues, mais se distinguent par leur complication croissante, leur généralité et leur indépendance décroissantes, car les derniers exigent des conditions bien plus nombreuses que les autres pour avoir lieu. Ils se distinguent en outre par les résultats de l'action chimique. Dans les phénomènes de contact proprement dits, c'est presque toujours une combinaison ou une simple transformation isomérique qui a lieu; dans les fermentations, c'est un dédoublement, et dans les putréfactions il y a les uns et les autres, plus combustion.

502.—Du reste, une autre cause de la confusion et de l'obscurité qui règnent dans l'étude des phénomènes de contact, c'est qu'ils ont toujours été étudiés au point de vue de leur histoire naturelle, et pas scientifiquement. C'est-à-dire qu'on les a toujours pris tels qu'ils se passent dans la nature, compliqués d'une foule de phénomènes accessoires, et c'est en partant de là qu'on a voulu en donner l'explication analytique. Il faut au contraire les prendre à leur plus grand degré de simplicité, expérimenter d'abord sur les substances qui peuvent se métamorphoser, fermenter ou se putréfier, en les prenant à l'état de pureté, en les plaçant au contact d'un ferment ou autre corps catalytique dans le vide et dans l'air; puis étudier ensuite les actes accessoires qui viennent les compliquer. Ce n'est qu'alors qu'il sera possible de se rendre compte nettement de ce qui se passe lorsqu'ils se trouvent dans les conditions complexes qu'offrent les corps organisés; ou dans les liquides que nous en extrayons. Sous ce rapport l'étude de ces phénomènes est à peu près entièrement à re-

faire, si ce n'est pour la fermentation alcoolique et quelques catalyses.

A. *Des catalyses ou phénomènes de contact ou catalytiques proprement dits.*

a. Catalyses avec absorption de gaz ou oxydantes.

503. — 1. *Catalyse hydrique.* On peut la placer en première ligne, à cause de l'évidence avec laquelle on constate une simple influence de contact, du platine, de l'iridium, de l'or, de l'argent, etc., sur l'oxygène et l'hydrogène dont ils déterminent la combinaison, d'où formation d'eau. Les uns agissent même au-dessous de zéro ; les autres, comme l'argent et le verre, demandent une température de 300 degrés.

504. — 2. *Catalyse nitreuse.* En second lieu se présente l'oxydation de l'ammoniaque au contact de la mousse de platine rougie dans l'air, d'où résulte la formation d'acide nitrique (c'est la fermentation nitreuse de quelques auteurs). Il paraît que d'autres corps poreux humides et les matières en putréfaction peuvent remplacer la mousse de platine, mais l'action est plus lente.

505. — 3. *Catalyse acétique.* La combinaison de l'oxygène avec l'alcool au contact de la mousse de platine, d'où résulte l'acide acétique, est un fait du genre des précédents, et n'est pas plus une fermentation qu'eux tous. L'oxygène se combine avec l'hydrogène de la même manière que dans le cas cité en premier lieu comme type, de la même manière que si ce dernier gaz était à l'état libre et gazeux. On peut, du reste, remplacer la mousse de platine par toutes les substances albumineuses, par les ferments qu'ils forment en s'altérant à l'air et par la levûre. C'est ce phénomène qui est appelé à tort *fermentation acétique ou acide.*

506. — Ce sont là les seules actions catalytiques dans lesquelles l'intervention de l'air ait lieu, ce sont du moins les seules bien étudiées ; mais cette liste est susceptible de s'étendre beaucoup. Il est probable qu'il ne faut pas confondre avec ces actions les phénomènes d'absorption d'oxygène par dégagement d'acide carbonique des huiles siccatives. Il en est

de même aussi, sans doute, de l'absorption d'oxygène avec formation d'eau et acide carbonique des essences d'amandes amères, de cannelle, etc., d'où proviennent les acides benzoïque, cinnamique, etc.; puis enfin de la fixation d'oxygène avec formation d'eau par l'indigo blanc. Ces phénomènes ont lieu en effet toutes les fois que l'oxygène est en présence de ces corps, mais sans qu'il y ait besoin de la présence d'un corps catalytique. Nous reviendrons plus loin sur les huiles grasses.

On sait que la chaleur favorise les actions de contact dont nous avons parlé; mais elle cesse au-dessus de 70 à 100 degrés, quand le corps catalytique est albumineux. Les substances de cette classe perdent en effet leur action quand on élève leur température au-dessus de 70 degrés.

b. Catalyses métamorphosantes ou isomériques.

507. -- 4. *Catalyse pectique.* Par la chaleur et les acides la pectose donne la pectine. La pectine, la parapectine et la métapectine, au contact des alcalis et terres alcalines, se transforment en acide pectosique d'abord, puis ce dernier en acide pectique, si l'on prolonge suffisamment l'action. On peut remplacer les alcalis par la *pectase*, corps albumineux doué de la propriété catalytique quand il est frais, mais qui la perd en s'altérant par absorption de l'oxygène atmosphérique. Cette catalyse a lieu dans le vide ou dans l'air, surtout à la température de 30 degrés, sans combinaison ni dégagement de gaz. C'est ce qu'on a appelé *fermentation pectique.*

508. —5. *Catalyse dextrinique et glucosique.* L'agent catalytique est l'acide sulfurique, ou d'autres acides minéraux affaiblis; le corps catalysé est le sucre de canne, la cellulose, les gommes ou les fécules. Le produit est la *dextrine* d'abord, puis le *glucose* ou *sucre de raisin*, quand on prolonge l'action. Pour les amidons, mais pour eux seuls, on peut remplacer les acides étendus par la *diastase.*

Ce dernier corps est un produit de la modification par l'air du gluten ou des autres matières albumineuses contenues dans

les cellules des plantes avec la fécule. Il paraît que dans les catalyses glucosiques déterminées par le gluten frais ou autres matières albumineuses, il se développe d'abord à leurs dépens de cette diastase, ou portion du gluten, etc., devenue soluble par suite d'altération à l'air.

Cette diastase est un corps catalytique qui est soluble dans l'eau même après précipitation par l'alcool; elle ne perd sa propriété qu'à 100 degrés, et agit le plus énergiquement entre les températures de 65 à 75 degrés ; elle a lieu aussi à froid, mais moins vite. La putréfaction à l'air lui ôte aussi ses propriétés. Les phénomènes précédents constituent la *fermentation glucosique* des auteurs ; mais il n'y a dégagement ni de gaz, ni de chaleur, ni dédoublement ; il n'y a, en un mot, aucun des caractères de la fermentation.

D'autres substances azotées ont la même action que la diastase : telles sont toutes les matières albumineuses, fibrineuses et le gluten qui ont subi le contact de l'air. Il paraît probable que la diastase n'est autre chose que le produit des premiers changements subis par ces substances azotées au contact de l'air, lequel a la propriété de les rendre solubles. Une altération plus prononcée amène bientôt la catalyse lactique du glucose; plus prononcée encore, ce sont les fermentations alcoolique et butyrique qui surviennent, suivant les conditions accessoires de température, de mélange avec des acides ou des sels, etc.

509. — 6. *Catalyse lactique.* Le corps catalysé est le glucose ou le sucre de lait ; le corps catalytique est le caséum ou le gluten frais, ou bien toute matière azotée végétale ou animale ; mais il faut qu'elles aient subi le contact de l'air à un certain degré. Ainsi la diastase dissoute et qui a subi le contact de l'oxygène donne lieu à la catalyse lactique ; il en est de même de toutes les membranes animales, qui, lors même qu'elles ont été séchées, n'ont besoin que d'être ramollies dans l'eau pour recouvrer leur propriété; mais elles s'altèrent très vite, et dès qu'elles sont trop pourries elles perdent leur première propriété et deviennent des fer-

ments butyriques ou autres. Ici, comme dans les catalyses analogues, l'air n'intervient que pour modifier les substances azotées.

Si l'on n'enlève pas l'acide lactique à l'aide d'une base ou mieux du carbonate de chaux, à mesure qu'il se forme, il s'unit au corps azoté et lui ôte la propriété de donner lieu à la catalyse lactique; le caséum cesse d'agir sur le sucre de lait, la formation d'acide s'arrête. Alors, par le contact prolongé de l'air et sous l'influence de l'acide qui favorise son altération, la matière azotée devient un ferment et le reste du sucre éprouve la fermentation alcoolique. C'est ce qui arrive pour le lait, si l'on ne sature pas l'acide lactique, lequel coagule son caséum à mesure qu'il se forme; aussi pour que tout le sucre d'une quantité de lait sucré puisse se transformer en lactique, il faut y ajouter peu à peu du bicarbonate de soude, et à chaque addition la catalyse lactique, qui avait cessé, reprend son cours. Ceci prouve que ce n'est pas pour avoir déjà subi une altération trop avancée que le caséum avait perdu sa propriété catalytique (1).

Si l'on place le sucre de canne, l'amidon et autres principes analogues qui sont susceptibles d'éprouver la catalyse glucosique dans les conditions où le glucose donne de l'acide lactique, tous ces corps se transforment en ce dernier, puis ensuite éprouvent la catalyse lactique. C'est pour cela qu'on dit que les gommes, les fécules, etc., peuvent se transformer en acide lactique; mais ce n'est qu'indirectement, après avoir d'abord formé du glucose.

L'étude de la catalyse lactique est importante à étudier pour nous, par suite de ce fait que le sang pris au sortir de la veine a la propriété de la déterminer très rapidement, et cela

(1) Quand à une grande quantité de lait ou de glucose placé dans les conditions favorables à la catalyse lactique on ajoute tout de suite beaucoup de carbonate de chaux, tout le sucre se transforme, puis l'acide lactique subit ensuite la fermentation butyrique, dès que le caséum est suffisamment pourri pour prendre la propriété de ferment. Il est probable que s'il reste du sucre non transformé en acide lactique, il fournit de l'alcool, car l'acide lactique seul donne du butyrique.

d'autant plus vite qu'il s'agit d'un vertébré plus éloigné de l'homme (1). Au bout de quelques heures, le sang, qui était alcalin, devient acide quand on lui ajoute du glucose, et cet acide est du lactique, ainsi que l'a démontré l'un de nous (M. Verdeil). Ceci explique comment il se fait que le glucose injecté dans les vaisseaux disparaît en peu de temps; comment il se fait que quelques heures après la mort (douze à vingt-quatre, suivant la température), le sucre normal du foie a disparu tout à fait. Si, au contraire, on pile le foie avec de la levûre de bière, ce ferment agissant plus rapidement que le corps catalytique représenté par le sang ou la substance du foie, on obtient de l'alcool et de l'acide carbonique, c'est-à-dire une véritable fermentation. Si l'on met trop de sucre dans le sang, ce dernier s'altère avant que la transformation lactique soit opérée entièrement; il perd alors sa propriété catalytique et devient un ferment. La fermentation alcoolique succède alors à la catalyse lactique, etc.

C'est du reste en étudiant chaque principe immédiat en particulier que nous aurons à faire application des généralités exposées ici, dans le but d'apporter plus de netteté et de simplicité dans l'étude de ces détails.

510. — 7. *Catalyse albumineuse ou digestive* (*fermentation digestive* des auteurs). Le corps catalysé est représenté par les viandes et substances azotées neutres qui nous servent d'aliments, mais toutefois après gonflement préalable et nécessaire par quelques millièmes d'acide chlorhydrique ou lactique, acide du suc gastrique. Le corps catalytique est la *pepsine*, pouvant naturellement être remplacée par les liquides qui en renferment, comme le mucus stomacal et même par les membranes de l'intestin, celles de la vessie, etc. Ce fait ne doit pas étonner, puisque cette pepsine est en tout point, comme la diastase, un produit d'altération des matières animales.

Le résultat de l'action de ce corps catalytique est la liquéfaction des viandes et des substances azotées. Ainsi c'est là, en dernière analyse, à quoi se réduit l'action du suc gastrique.

(1) Cl. Bernard, *Mémoires de la Société de biologie*, août 1850.

Sécrété acide par les follicules stomacaux, il gonfle les matières azotées; ce gonflement opéré, la portion du mucus altéré par le contact de l'air qu'entraînent les aliments et la déglutition salivaire joue de toute nécessité le rôle de corps catalytique et détermine la liquéfaction des matières azotées.

L'action de contact de la pepsine isolée ou des matières animales solides ou liquides, altérées au point nécessaire pour la produire, est des plus nettes et se rapporte on ne peut plus exactement aux phénomènes de catalyse (καταλυσις, dissolution).

Ainsi l'acte de la digestion, comme tous les phénomènes physiologiques, étudié analytiquement. est composé d'un certain nombre de phénomènes qui, pris isolément, sont tous physiques et chimiques; mais considérés dans leur ensemble, se passant simultanément dans leur action totale en un mot, ils ont des résultats tout particuliers, sans analogues dans le règne minéral. Aussi on leur donne le nom de phénomènes vitaux. Ceux de la digestion, longtemps regardés comme des plus obscurs et mystérieux, sont sous ce rapport des plus simples, au contraire: la circulation et la respiration présentent une réunion bien autrement complexe encore de phénomènes physiques et chimiques. Lorsqu'on examine d'une part analytiquement, et de l'autre dans leur ensemble, tous ces actes, celui surtout de la digestion qui est le plus simple, on cesse bientôt d'attacher aux mots de *vie*, de *vital* et de leurs dérivés, une idée vague d'action mystérieuse, l'idée de quelque force cachée, inconnue, inabordable, l'idée d'un être ou entité qui est chargée de fonctionner en quelque sorte pour son compte, de diriger la fonction. On cesse d'exprimer par ces mots une idée diffuse que chacun habituellement interprète à sa manière, puisque sa nature est regardée comme inconnue, puisqu'il semble n'avoir rien de bien déterminé, et être sujet à des caprices. On exprime alors quelque chose de net et de précis, un ensemble de faits très simples quand ils sont pris chacun à part, très compliqués quand on les envisage en masse; toujours assujettis à des lois variant suivant que l'un ou plu-

sieurs des nombreux actes élémentaires viennent à manquer, à augmenter ou à diminuer d'intensité. D'après ce qui précède, il ne faut pas être étonné de trouver, dans la partie dynamique de l'histoire des principes immédiats, l'ébauche de l'étude élémentaire de tout ce qu'il y a de physique et de chimique dans nos fonctions. Ainsi, pour la digestion, on trouve la catalyse dextrinique et glucosique s'opérant sur les matières amylacées par le contact de la salive ou bien des mucus intestinaux, qui, mêlés à de l'air ou à des mucus déjà altérés, voient leurs parties azotées subir la modification qui donne lieu à la formation de *diastase animale*, comme le gluten forme de la *diastase végétale*. La même altération des mucus donne naissance à la pepsine, qui détermine la liquéfaction des matières azotées gonflées par l'acide du suc gastrique, comme la diastase détermine celle des fécules. Plus loin dans l'intestin s'opèrent des émulsions par le sucre pancréatique, et d'autres liquéfactions par le mélange de ce sucre et de la bile. Nous les étudierons en temps et lieu.

Tout tissu ou liquide de l'économie fournit, après contact de l'air, des matières azotées analogues aux diastases animales et végétales, et à la pepsine; cependant il en est qui ont des propriétés catalytiques différentes, quoique formées de la même manière, et elles ne peuvent pas toutes se suppléer. Ainsi, nous verrons la *myrosine* ne pouvoir être remplacée par aucun autre corps catalytique. Il pourrait bien se faire, d'après cela, que la diastase animale et la pepsine, quoique se trouvant dans les mêmes liquides, ne fussent pas des corps identiques, doués l'un et l'autre des mêmes propriétés. Comme il y a dans la salive et les mucus plus d'une espèce de principes immédiats azotés, peut-être chacun de ces corps catalytiques résulte-t-il de l'altération d'un principe différent.

Il se pourrait même (ce qui n'est pas) que l'un ne pût être formé que par modification de la salive, par l'air ou quelque substance déjà altérée, et l'autre par le mucus gastrique. On

sait, et cela n'a rien d'étonnant d'après la manière dont se forment ces corps catalytiques, que tous les solides et liquides azotés de l'économie, un peu altérés par l'air, déterminent la catalyse glucosique, et qu'on peut en isoler la diastase qui reproduit les propriétés du tissu. On sait aussi qu'on peut, en gonflant des viandes par 6 parties d'acide chlorhydrique pour 10,000 parties d'eau, les dissoudre artificiellement de la même manière que dans l'estomac. Il suffit, pour cela, d'y ajouter un morceau de muqueuse de l'estomac, ou bien de la pepsine pure retirée de cette muqueuse par les procédés que nous indiquerons. On peut, de plus, remplacer cette muqueuse ou cette pepsine par bien d'autres tissus, comme par exemple le péritoine, la muqueuse de l'intestin, la muqueuse vésicale. Il est probable qu'on retrouverait cette propriété dans plus d'un autre tissu, si l'on essayait en le faisant altérer par l'air à des degrés convenables, variant avec chacun d'eux.

Les expériences ci-dessus sont ce qu'on appelle des *digestions artificielles*, c'est-à-dire des catalyses ou liquéfactions artificielles.

511. — 8. *Catalyse sinapisique.* On donne ce nom à celle qui résulte de la transformation de l'*acide myronique* du myronate de potasse en *essence de moutarde*, sous l'influence catalytique de la *myrosine*. Il suffit que la farine de moutarde noire soit mouillée, pour que la myrosine exerce son action; mais on peut l'extraire pure de la moutarde blanche. C'est une substance azotée; on n'a pu encore la remplacer par aucun autre corps catalytique. Suivant MM. Boutron et Fremy, c'est un dédoublement en essence de moutarde et acide sulfocyanhydrique qui a lieu; si le fait est vérifié, il faudra placer cette catalyse dans la section suivante. Pendant la réaction, il se forme des végétaux infusoires analogues à ceux du ferment.

c. Catalyses avec dédoublements.

512. — 9. *Catalyse gallique.* Le corps catalysé est le tannin; la substance catalytique n'est pas encore connue. Il est probable que c'est la matière albumineuse qu'on trouve dans

toutes les cellules des plantes; car la partie de la noix de galle, insoluble dans l'éther, peut jouer le rôle de corps catalytique pour le tannin pur, et de ferment pour le sucre. De plus, les matières azotées non altérées ont la même action hors du contact de l'air. Il n'y a dans cette catalyse ni absorption ni dégagement de gaz. L'acide *gallique* et l'acide *ellagique*, qu'on trouve dans la masse catalysée, ne représentent pas exactement la formule du tannin employé. On ne connaît par conséquent pas exactement le dédoublement opéré dans ce cas.

513. — 10. *Catalyse benzoïlique*. Le corps catalysé est l'*amygdaline*, le corps catalytique est l'*émulsine* ou la *synaptase;* le résultat de l'action est le dédoublement de la première en essence d'amandes amères et acide cyanhydrique. L'émulsine existe avec l'amygdaline dans les amandes amères. La synaptase se trouve dans les amandes douces, mais sans être accompagnée d'amygdaline. L'un et l'autre de ces corps catalytiques sont albumineux, putrescibles, etc. On ne sait pas si l'action a lieu dans le vide et de la même manière, mais le fait est probable; on peut en dire autant de la catalyse sinapisique.

514. — 11. *Catalyse gluco-saligénine*. Elle est caractérisée par le dédoublement de la *salicine* en glucose et en *saligénine*, sous l'influence catalytique de la synaptase. Celle-ci ne peut pas être remplacée par la levûre ni par les matières azotées altérées qui sont devenues des ferments.

515.—12. *Catalyse hippurique ou benzoïque et glycocollique*. Le corps catalysé est l'acide hippurique des urines d'herbivores, qui, sous l'influence du contact des mucus altérés par l'air, se dédouble en acide hippurique et en sucre de gélatine ou glycocolle. On ne sait pas encore ce qui se passe quand on place dans le vide un corps catalytique tout formé au contact de ce principe.

516. — 13. *Catalyse (ou fermentation) ammoniacale*. C'est également une des plus importantes actions de contact que nous ayons à étudier, surtout en traitant de l'urine. Il faut ici

seulement envisager le phénomène à son plus grand degré de simplicité. Plus tard nous verrons de quels autres phénomènes il peut être compliqué.

La catalyse ammoniacale est caractérisée par le dédoublement de l'urée en carbonate d'ammoniaque sous l'influence catalytique des matières albumineuses dissoutes dans l'urine. Elle fixe, pour opérer cette décomposition, 4 équivalents d'eau.

Cette action catalytique n'est exercée qu'après altération du mucus de l'urine par l'air ; et il faut neuf ou dix jours pour qu'à la température de 22 degrés la propriété soit développée. Elle est développée dès le deuxième jour, si l'on verse de la colle forte dans l'urine exposée à l'air. L'action commence vers le quatrième jour, si l'on ajoute quelques gouttes de carbonate d'ammoniaque; vers le cinquième, quand on met 1 à 4 pour 100 de levûre de bière. Elle commence au contraire au bout de quelques heures, si l'on emploie de l'urine déjà altérée, ou mieux le dépôt terreux des urines putréfiées.

L'urée pure et la levûre de bière ne donnent pas signe de décomposition, même après quelques jours. Ainsi, on ne peut pas dire que ce soient les végétaux ou animalcules qui soient les agents de toutes les actions de contact. Il faut pour celle-ci le contact spécial des matières azotées pourries, et la levûre, dans les expériences indiquées tout à l'heure, ne fait que hâter le développement de la propriété catalytique.

Cette catalyse forme en quelque sorte le passage aux fermentations par le dégagement du carbonate d'ammoniaque, qui du reste ne se manifeste qu'après saturation du liquide, et par conséquent très tard. Aussi, pour constater que l'action a lieu, il faut ajouter un acide qui chasse le gaz carbonique; l'odeur du carbonate ammoniacal ne se manifeste aussi que lorsque déjà l'action catalytique est commencée depuis plusieurs heures.

B. *Fermentations.*

517. — 1. *Fermentation éthérée.* Le corps fermentescible est l'alcool, le corps catalytique est l'acide sulfurique. Les produits sont de l'eau qui reste et de la vapeur d'éther qui se dégage. Cette action, rangée par Mitscherlich et Berzelius dans celles de contact, tient à la fois des catalyses et des fermentations ; elle se rapproche de ces dernières par le développement de chaleur et de gaz en vapeur d'éther. C'est évidemment un phénomène de contact ; c'est en examinant l'ensemble des éthers se produisant d'une manière analogue, qu'on pourra voir s'il faut placer celui-ci dans cet ordre, ou au commencement du précédent.

518. — 2. *Fermentation de l'eau oxygénée.* Le corps fermentescible est le bioxyde d'hydrogène ; les corps catalytiques sont l'or, l'argent, le platine très divisés, la plupart des oxydes métalliques, les alcalis caustiques et beaucoup de corps très divisés, la fibrine pure, par exemple. Les produits sont de l'eau et de l'oxygène qui se dégage avec effervescence. Considérée par tous les auteurs comme phénomène de dédoublement par contact, cette action peut être rangée parmi les fermentations, comme représentant un des faits les plus élémentaires de ce groupe, plutôt que parmi les catalyses proprement dites, à cause du gaz dégagé avec effervescence.

519. — 3. *Fermentation des corps gras.* Les corps fermentescibles sont les corps gras neutres solides ou liquides. Le ferment est une matière albuminoïde quelconque altérée à l'air. La présence de ce corps détermine une élévation de température avec dédoublement du corps gras neutre, analogue à un sel, en un acide gras qui s'hydrate, un éther glycérique qui fixe également de l'eau pour se convertir en alcool glycérique ou glycérine, enfin l'acide gras devenu libre se dégage aussitôt avec l'odeur qui lui est propre. Il n'y a pas, à la vérité, apparence d'ébullition ; mais seulement l'odeur de l'acide propre au corps gras employé (odeur de graisse ou huile rance) se fait sentir. C'est plutôt et surtout par l'élévation de tempé-

rature, souvent considérable, que, sous ce dernier rapport, cet acte se rapproche des fermentations, car la catalyse amygdalique répand aussi des vapeurs d'essence. Ce qu'il y a de certain, c'est que c'est un phénomène de contact; pour le reste, il importe peu qu'il soit placé dans les catalyses ou les fermentations. Il a cependant plus les caractères généraux de celles-ci que des premières, surtout en agissant sur de grandes masses. Dans l'histoire particulière des principes gras, nous aurons souvent à tirer parti de l'étude précédente.

520. — 4. *Fermentation visqueuse.* La matière fermentescible est le glucose contenu dans toutes les solutions de sucre, les potions, les juleps, les vins blancs, contenant aussi des matières organiques azotées altérables par l'air. Le ferment est représenté par ces substances dès qu'elles ont subi le contact de l'atmosphère à un certain degré. La décoction à chaud de la levûre de bière ou du gluten, une fois filtrée, joue aussi le rôle de ferment; il en est de même d'une levûre particulière qui se développe pendant cette fermentation excitée par les ferments, et qui engendre à volonté la fermentation visqueuse des sucres. Dans le vin blanc, c'est une matière analogue au gluten, qui n'est pas précipitable par l'acide tartrique. Ce produit de la fermentation est une matière analogue au mucilage, qui donne au liquide une consistance visqueuse, plus de l'acide carbonique avec de l'hydrogène, mais le tiers ou moitié moins que d'acide. La matière solide produite n'a pas été analysée; mais on sait qu'il y a fixation d'eau par le sucre. Par l'acide nitrique, elle donne de l'acide oxalique sans acide mucique. L'étude de cette fermentation est encore fort obscure au point de vue de la nature et du degré d'altération que doit avoir subi la matière azotée pour la produire. Dans quelques uns des procédés employés pour obtenir l'acide lactique, le glucose se transforme d'abord en une matière visqueuse peu étudiée jusqu'ici.

521. — 5. *Fermentation butyrique.* Le corps fermentescible est l'acide lactique; le ferment est le caséum, le gluten et toutes les substances employées pour obtenir la catalyse

lactique, mais arrivées à un degré d'altération bien plus avancé. Le produit est de l'acide butyrique, de l'hydrogène et de l'acide carbonique. Deux équivalents d'acide lactique se dédoublent en 1 équivalent d'acide butyrique, 4 de gaz carbonique et 4 de gaz hydrogène.

Dans la fabrication de l'acide lactique, cette fermentation succède à la catalyse précédente, dès que les substances azotées ont subi le degré d'altération ou putréfaction convenable pour en faire un ferment. C'est pour cela qu'on dit habituellement que les sucres, les gommes, fécules, etc., donnent lieu à cette fermentation; comme déjà nous avons vu que la catalyse lactique était précédée de la catalyse glucosique. Mais ce n'est qu'autant qu'on aura étudié séparément les actions de ce genre en prenant des corps fermentescibles dans un état déterminé, et d'autre part des ferments du corps catalytique à un état également déterminé autant que possible, qu'on arrivera : 1° à se rendre compte des différents genres d'influence exercés par les matières azotées à leurs divers degrés d'altération successive et toujours croissante; 2° à préciser les dédoublements et modifications correspondantes des substances étudiées; 3° par suite, à pouvoir déterminer, d'une manière exacte et complète, la série des produits qui se forment dans les fermentations qui succèdent à la mort des végétaux. Nous aurons plusieurs fois à tirer parti de cette étude dans l'histoire des liquides et des tissus.

522. — 6. *Fermentation alcoolique.* C'est la plus parfaite des fermentations, c'en est le type et la mieux étudiée. La matière fermentescible est le glucose. Le ferment est toute matière azotée pourrie, ou la levûre produite pendant une autre fermentation analogue; c'est là le ferment le plus actif. Il y a production de chaleur, et le glucose se dédouble en alcool et acide qui se dégagent.

Pour cette fermentation, comme pour les précédentes, on dit que tous les sucres et les matières amylacées peuvent la présenter; mais il est bien reconnu que ce n'est jamais directement, et que tous subissent d'abord la catalyse lactique.

Par l'étude de cette fermentation, on a reconnu : 1° Qu'elle s'effectue dans le vide toutes les fois que du ferment et du glucose sont au contact l'un de l'autre ;

2° Qu'elle ne s'effectue qu'au contact immédiat de ce corps, quand il est solide, et de toutes ses particules quand il est représenté par une matière albumineuse altérée en dissolution ;

3° Que peu à peu le ferment se détruit, sans pourtant rien fournir aux produits de dédoublement du glucose, en sorte que s'il y a peu de ferment par rapport au sucre, la fermentation s'arrête quand il n'y a plus de ferment, et une portion de glucose reste intacte.

4° Pendant la fermentation (toujours dans le vide), si au ferment on ajoute, à mesure qu'il se détruit, des substances azotées fraîches, le ferment les transforme en ferment ; alors l'action continue jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de sucre. Un ferment quelconque a en effet la propriété de transformer en ferment une matière azotée pure. Si le ferment employé était de la levûre, la substance albumineuse sert à la nourrir ; elle augmente de quantité, et l'action continue.

5° On voit, par cela, que la présence de l'air ne joue aucun rôle dans la fermentation quand le ferment existe ; mais s'il n'existe pas, sa présence est indispensable. Il n'a toutefois d'autre rôle que d'altérer la matière azotée, qui, une fois cela fait, est devenue ferment.

6° Aussi tout liquide fermentescible extrait des plantes, ou artificiel, contenant des matières azotées fraîches, se conserve indéfiniment dans le vide, ou si l'on chasse journellement par la chaleur l'air qu'il dissout ; mais une seule bulle d'air suffit pour faire naître un peu de ferment, et l'action commence et se continue jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de sucre. On ne sait pas encore si dans le vide, sous l'influence de l'air, c'est de la levûre ou un ferment ordinaire azoté qui se forme, et se développe ainsi jusqu'à épuisement du corps albumineux ou du sucre.

523. — 7. *Fermentation putride.* On peut désigner sous

ce nom celle qu'on détermine dans le vide en prenant pour corps fermentescible de la viande ou quelque matière azotée fraîche, et pour ferment de la levûre ou quelque substance albumineuse altérée, qui peut être la même que celle employée fraîche. Il se développe alors des gaz non étudiés encore, non plus que les solides et liquides qui restent.

S'il y a de la viande fraîche placée dans le vide, on ajoute un peu d'air, la fermentation se développe ; le ferment est alors la portion de la viande que l'oxygène altère la première. Il en est de même quand les choses se passent à l'air libre ; seulement alors il y a de l'oxygène absorbé ; il se forme de l'eau, de l'acide carbonique, de l'ammoniaque; les sulfates et phosphates se décomposent, participent en quelque sorte à la fermentation ; il se dégage des gaz phosphorés et sulfurés. On a alors les phénomènes de putréfaction que nous allons étudier.

Mais pour les bien comprendre il faut avoir déjà étudié de quelle manière les fermentations putrides se passent dans le vide, afin de pouvoir préciser quelles sont les modifications apportées aux phénomènes, ou même les actes nouveaux déterminés par l'intervention de l'air.

C. *Putréfactions.*

524. — Lorsque des matières azotées neutres, animales ou végétales, pures ou mélangées d'autres substances humides, sont au contact de l'air, elles absorbent de l'oxygène et rejettent l'acide carbonique ; dès lors elles sont devenues corps calytique ou ferment. Ce ferment agit bientôt sur les parties contiguës en même temps que l'air ; dès lors les phénomènes de fermentation se trouvent modifiés par l'action de l'oxygène qui intervient directement pendant toute la durée du phénomène, et il y a ce qu'on appelle putréfaction. C'est-à-dire qu'il y a à la fois fermentation, c'est-à-dire dégagement de chaleur et dédoublement des principes de la substance, et de plus combinaison de l'oxygène au carbone, à l'hydrogène, formation d'eau d'acide carbonique et autres oxydes, etc. En

même temps surviennent des phénomènes de double décomposition entre sels qui n'étaient pas contigus et étaient distribués çà et là dans les tissus, ou bien qui, quoique en présence l'un de l'autre, ne pouvaient agir en raison de l'influence qu'exercent beaucoup de corps albumineux dans les dissolutions complexes. Nous avons assez parlé de cette propriété spécifique de l'albumine, de l'acide tartrique, de l'alcool, etc., d'empêcher dans les dissolutions complexes la réaction mutuelle de sels qui sans cela se décomposent, influence qu'on attribue à une prétendue action vitale, mais qui se présente dans les dissolutions artificielles et après la mort. Ces substances albumineuses détruites, les doubles décompositions ont lieu, et les gaz dont nous avons parlé se dégagent, et il reste un résidu solide. Ces gaz sont : de l'acide carbonique, hydrogène carboné, de l'azote (beaucoup), hydrogène sulfuré, phosphoré, ammoniaque pure ou combinée au gaz carbonique, eau, acide acétique.

Il reste un résidu terreux peu considérable, composé de sels, charbon, d'huile et d'ammoniaque. Lorsqu'il y a des bases alcalines dans les matières qui se putréfient, on trouve des azotates parmi ces sels, parce que, au contact des alcalis et des matières poreuses, il s'effectue une catalyse nitreuse, qui a pour résultat l'oxydation de l'ammoniaque d'abord formée. Il en résulte de l'eau et de l'acide azotique. Ce dernier, à mesure de sa formation, se combine aux bases terreuses ou autres qu'il rencontre, ou décompose les sulfures, phosphures, etc. Dans la putréfaction du gluten et sans doute d'autres substances, l'eau est décomposée et ses éléments interviennent dans la production des produits nouveaux. Il y a toujours des particules en putréfaction entraînées par la vapeur d'eau et les gaz, ce qui ajoute à la fétidité de ceux-ci. Ainsi, les putréfactions, quoique ayant plusieurs des caractères des phénomènes de contact, ne sont pas purement des fermentations. Ce sont des fermentations compliquées d'oxydation lente ; aussi les phénomènes et leurs produits sont d'un ordre plus complexe que ceux étudiés jusqu'à pré-

sent. C'est un mélange des deux ordres de phénomènes s'effectuant simultanément dans un même corps.

525. — Quant aux phénomènes de contact, considérés chacun isolément, ils ont tous les caractères des autres phénomènes chimiques, soit sous le rapport de certaines conditions de chaleur et d'électricité, etc., qui leur sont nécessaires, soit quant à la fixité des produits. En un mot, ce sont évidemment des actes chimiques, mais présentant quelques particularités dans les conditions d'accomplissement, quant au mode dans lequel se passe l'acte, et aussi, habituellement, quant au composé qui résulte de son accomplissement.

Maintenant, de même que les principes qui sortent du corps des animaux sont plus simples que ceux qui le constituent essentiellement; de même aussi les produits de l'acte chimique, déterminé par la présence d'un corps catalytique au milieu de certaines substances placées dans certaines conditions, sont ordinairement, mais non toujours, plus simples que le corps susceptible d'être dédoublé. Mais cela ne veut pas dire que les *fermentations* soient des actes qu'on doive identifier avec ceux qui caractérisent chaque face du double mouvement continu que présente la matière organisée.

Dans chaque action de contact, prise isolément, il n'y a pas double phénomène simultané de composition et de décomposition dans la même substance, sans destruction de celle-ci.

Il ne se passe dans la même matière qu'un seul de ces actes. Le résultat est la destruction de cette dernière en tant qu'espèce de composé, pour donner lieu à la formation d'un ou de deux autres composés stables; ou quelquefois, comme dans les catalyses hydrique, nitreuse et acétique, le résultat est la formation d'un composé stable et fixe par combinaison de deux corps simples ou composés.

On a attribué ainsi les caractères de la vie aux phénomènes qui en sont l'inverse, qui en sont l'extrême le plus opposé; à ceux surtout qui sont essentiellement caractérisés par le seul fait de décomposition des espèces plus complexe d'origine organique.

Mais comme la science se doit à elle-même d'examiner tout ce qu'il y a de réel dans les idées, même les plus en désaccord avec les faits, nous devons le faire ici.

La vie est caractérisée par un mouvement continu de composition, plus un de décomposition également continu, qui se passent dans une même substance, laquelle ne se détruit pas.

Or, dans ce mouvement de composition, la plupart des actes et les plus essentiels sont des catalyses combinantes; et dans ce mouvement de décomposition, la plupart des actes sont des catalyses dédoublantes. Quelques uns seulement sont des actes chimiques directs. (Voyez le chapitre Ier, article III.) En conséquence, on voit qu'en disant que *l'urine, en se putréfiant, est reprise d'une nouvelle vie*, il n'y a de réel que d'avoir reconnu, que d'avoir saisi que ce n'est pas un acte chimique direct que la putréfaction. Il eût fallu dès lors, pour être conséquent, reconnaître que les actes moléculaires qui se passent dans l'organisme vivant sont des actes chimiques indirects et non pas des combustions. Ce sont là deux idées contradictoires.

Les substances organiques enfin se font par catalyse composante, opération lente, acte moléculaire qui n'est jamais brusque dans ses effets. Elles ne se défont aussi que par des actes analogues, les catalyses décomposantes. Voilà pour l'état ordinaire des actes moléculaires qu'elles présentent, considérés chacun isolément au point de vue purement chimique. Maintenant nous voyons qu'elles résistent aux agents qui déterminent des actions chimiques directes, comme les acides énergiques, les alcalis caustiques, qui les altèrent, mais ne se combinent pas avec elles et ne les détruisent pas, c'est-à-dire ne séparent pas leurs éléments, ni ne les divisent en deux ou trois composés définis.

Nous voyons aussi, d'autre part, que ces substances se détruisent élémentairement avec facilité par la putréfaction, acte chimique indirect, comme celui qui leur a donné naissance, mais qui en diffère par la nature des produits, la rapidité et les conditions dans lesquelles il s'effectue. Ce sont là,

du reste, des faits qui coïncident en tout point avec ce que présente de spécial leur constitution.

526. — Une fois établie cette analyse régulière et minutieuse des phénomènes de la vie envisagés séparément tous les deux, puis de ceux consécutifs à la mort; les uns et les autres au point de vue de leurs conditions d'effectuation et sous le rapport dynamique, tant sur le vif que sur le mort, et même dans les parties mortes placées encore sur le vif, alors il sera possible de donner la théorie de la mort, soit successive, soit instantanée.

Alors seulement il sera possible de donner un tableau des phénomènes normaux de la vie, des phénomènes morbides de la vie, un tableau de la mort et des phénomènes qui la suivent. Alors, mais alors seulement, il sera possible de faire un tableau exact de la mort successive des divers organes ou appareils séparément, des altérations générales par actions catalytiques sur les humeurs, des putréfactions de diverses parties, comme les produits de sécrétions dans la vessie, l'intestin, etc., des mucus, des épithéliums, de la cornée elle-même, avant que les fonctions cérébrales aient cessé. Tableaux qui pourront être poétiques au plus haut degré ou rigoureusement scientifiques, mais qui pourront être poétiques sans s'écarter un instant du réel, grâce à l'admirable corrélation intime et nécessaire entre les conditions du phénomène et le phénomène, corrélation qui rend ceux-ci d'autant plus élevés qu'ils sont plus complexes.

IV. — ÉTUDE DES CARACTÈRES D'ORDRE ORGANOLEPTIQUE (1) QUI SERVENT A LA DISTINCTION DES ESPÈCES DE PRINCIPES IMMÉDIATS APRÈS OU PENDANT LEUR EXTRACTION.

527. — 1. *Impressions tactiles et action des corps sur la peau.* Outre l'impression physique sur le sens du toucher, il y a des corps qui donnent lieu à des phénomènes chimiques non équivoques, quand on les met sur la peau. On ne peut,

(1) CHEVREUL, *Considérat. gén. sur l'anal. organique.* Paris, 1824, in-8, p. 42-47.

dans l'histoire d'un corps, faire deux ordres de caractères de son action physique et de son action chimique sur l'organe du toucher. La limite des deux caractères serait, en effet, trop difficile à établir dans plusieurs cas. Enfin, la liaison qui existe entre la propriété d'agir sur la peau et celle d'agir sur l'organe du goût, où il y a certainement quelque chose de chimique, nous oblige de les rapprocher l'une de l'autre.

Outre les variations de consistance, caractères purement physiques, un corps peut donner au toucher les sensations d'une *substance grasse*, *onctueuse*, *savonneuse*, *huileuse*, etc.; ou bien, au contraire, elle *grippe* sous les doigts, c'est-à-dire les empêche de glisser l'un sur l'autre, si c'est un liquide qu'on a touché, ou de glisser sur lui, s'il est solide, et cela souvent indépendamment de la consistance dans de certaines limites.

La sensation de chaleur ou de froid que causent les corps peut tenir à la conductibilité pour le calorique, c'est un fait purement physique déjà étudié; mais elle peut dépendre d'une action chimique.

Lorsqu'il en est ainsi, deux cas peuvent se présenter : l'organe du toucher n'éprouve aucun changement, ou bien il éprouve une altération plus ou moins forte.

1er *cas*. Le chlorure de calcium, par exemple, réduit en poudre et pressé sur la peau, fait éprouver une sensation de chaleur en solidifiant l'eau de la transpiration.

Le *chlorure de chaux*, en se liquéfiant dans ce même liquide, fait éprouver une sensation de froid.

2e *cas*. Un corps de la nature de ceux dits *caustiques*, parce qu'il désorganise la peau, produit une sensation de chaleur, soit par l'effet de cette désorganisation, soit comme l'acide sulfurique, parce qu'il agit d'abord sur l'eau de la transpiration.

528. — 2. *Action des corps sur le sens de l'odorat.* Il y a un grand nombre de principes immédiats qu'on peut distinguer les uns des autres par leur odeur, soit directe, soit par celle résultant de leur volatilisation ou de leur combustion

sur une lame de platine. Il suffit d'indiquer ici pour la méthode cet ordre de caractères qui ne présente rien de plus à noter que ce que renferment les traités de chimie.

529. — 3. *Action des corps sur l'appareil du goût.* La saveur d'un corps ne doit être énoncée qu'après la description des effets de ce corps sur le tact ou le toucher et sur l'odorat; car d'abord ces mêmes effets sont produits sur la langue.

1° Tels sont les effets que nous avons signalés pour le chlorure de calcium et celui de chaux, qui sont même plus intenses sur la langue que sur la peau, parce qu'elle est plus humide. En même temps, ou peu après le changement de température, on perçoit la saveur.

2° Si une substance sapide et odorante à la fois est introduite dans la bouche, l'odorat sera affecté en même temps que le goût, et la preuve, c'est que si les narines sont pressées l'une contre l'autre, la sensation de l'odorat s'évanouira complétement.

On pourra ainsi distinguer la saveur de l'odeur, parce que, dans le cas où les narines sont pressées, il n'y a que les sensations du tact de la langue et du goût qui soient perçues.

530. — On peut classer les corps de la manière suivante, d'après la manière dont ils agissent sur le goût, sans y comprendre les caustiques qui altèrent la structure.

1re classe. *Corps n'agissant que sur le tact de la langue.* Cristal de roche, glace, etc.

2e classe. *Corps n'agissant que sur le tact de la langue et l'odorat.* Tel est l'étain : quand on le met dans la bouche, on perçoit l'odeur du métal; en se pressant les narines l'odeur disparaît, il ne reste que la sensation de tact. Cette odeur de certains métaux se retrouve encore plus marquée dans quelques uns de leurs sels solubles.

3e classe. *Corps qui agissent sur le tact de la langue et le goût.* Sucre, sel marin, etc.; en serrant les narines, la sensation ne change pas.

4e classe. *Corps agissant sur le tact, le goût et l'odorat.* Huiles volatiles : elles ont une saveur âcre ou bien amère et

douceâtre, et une odeur très variable ; en pressant les narines, on n'en perçoit que la saveur.

Tels sont encore les corps gras, le cacao, dont on ne sent que le goût en pressant les narines. La cause qui provoque les nausées lorsqu'on goûte la bile, la manne, réside dans le principe odorant de ces matières ; les butyrates, les sulfites, etc., mis dans la bouche, laissent dégager une portion de leur acide, qui donne l'odeur des acides butyrique, sulfureux, etc., et disparaît en se bouchant le nez.

531. — 4. *Propriétés organoleptiques internes.* C'est à elles qu'il faut rapporter l'action du principe vésicant des cantharides sur la peau, l'action du camphre sur le cerveau, l'action enivrante de l'alcool, celle des huiles volatiles sur la respiration, l'action tonique de beaucoup de substances, etc.

Les organes des animaux doivent être considérés dans beaucoup de cas comme des réactifs très sensibles, plus même que ceux de la chimie. Ainsi Sertuerner a constaté qu'il avait séparé la morphine de l'acide méconique, d'après l'observation qu'il a faite que cet acide est inerte dans l'économie animale.

DEUXIÈME SECTION.

DES MOYENS ET DES INSTRUMENTS QUI NOUS FONT CONNAITRE LES CARACTÈRES DISTINCTIFS DES ESPÈCES DE PRINCIPES IMMÉDIATS PENDANT OU APRÈS LEUR EXTRACTION.

532. — L'emploi des moyens et l'étude des caractères dont nous venons de parler se font en même temps, mais on ne peut décrire sans confusion l'un et l'autre. Il faut en faire une description séparée, comme on décrit séparément les moyens de dissection ou d'extraction et les caractères des corps qu'on a disséqués ou extraits. Nous avons déjà dit (page 315) que les procédés employés pour l'examen des principes extraits du corps présentent autant de particularités, autant de côtés différents qu'il y a d'ordres de caractères à étudier, et ces particularités sont en rapport avec la nature simple ou complexe de ces caractères.

Une fois les principes ramenés à l'état inorganique par les

moyens d'extraction que nous avons décrits, on les distingue des autres comme on le ferait de toute espèce de corps tiré du règne minéral; c'est-à-dire à l'aide des caractères dont nous venons de faire un exposé général. Mais il est important de bien savoir que l'étude de ces caractères n'a pas d'autre utilité; elle apprend à distinguer les unes des autres les espèces de principes immédiats, mais elle n'enseigne rien de leurs caractères dans l'organisme : cette étude est donc bien distincte de celle que nous avons faite dans le chapitre premier.

Il se trouve que ces espèces de corps ne sont jamais retirées de l'économie qu'en très petites quantité, du moins cela est pour les espèces cristallisables. Les individus cristallins se trouvent être très petits, d'où la nécessité de les placer sous le microscope pour en constater les divers caractères, qui sur les cristaux des espèces cristallines retirées des couches du globe sont directement visibles. Il faut pour voir les cristaux des espèces retirées de l'organisme, vu leur petit volume, interposer entre eux et l'œil un instrument grossissant qui tende à ramener les dimensions de leur image aussi près que possible des dimensions des objets que nous avons habituellement sous les yeux. Sous ce rapport-là l'emploi des pouvoirs amplifiants considérables est habituellement aussi indispensable dans cet ordre d'étude que dans tout autre; quoique cependant le plus souvent il ne soit pas nécessaire d'aller aussi loin pour le grossissement que dans l'étude des éléments anatomiques.

Si l'emploi du microscope permet d'étudier la forme des cristaux presque aussi facilement qu'on le peut faire à l'œil nu sur les espèces d'origine minérale, il ne permet pas de tirer parti des différences de consistance, d'élasticité, de cassure, de densité, pour distinguer l'une de l'autre les espèces. Mais il permet d'étudier la couleur des cristaux; de plus, en ajoutant au microscope différents moyens ou instruments spéciaux, on peut examiner les modifications qu'ils font éprouver à la lumière transmise, et en tirer parti pour la distinction

des espèces. Enfin, on peut quelquefois disposer le microscope de manière à pouvoir étudier les actions chimiques de très petites quantités des principes, mais en général on tire peu de parti de ces actions dissolvantes ou autres exécutées sous le microscope. Il est plus sûr d'opérer par les moyens qu'on emploie toujours en chimie.

A. *De l'emploi du microscope dans l'étude des principes immédiats retirés de l'économie.*

a. Choix du microscope.

533. — Tous les microscopes employés en anatomie, etc., peuvent servir à l'étude des principes immédiats retirés de l'organisme.

Ceux que nous employons sont les microscopes de Nachet, du grand, du moyen et du petit modèle. Ce dernier, quoique très commode et aussi avantageux que les autres, a pourtant l'inconvénient de s'altérer plus vite dans un laboratoire, par suite de l'action des vapeurs acides ou du contact des liquides corrosifs. Cela tient à ce que la platine est de cuivre, simplement recouverte d'un vernis, et par conséquent bientôt attaquée par les acides; pourtant, nous en avons qui servent chaque jour depuis plus de deux ans et qui sont encore loin d'être hors de service. Cet inconvénient n'est donc que secondaire ; mais ce mode de microscope a, comme tous les petits microscopes, un autre inconvénient plus grave. Il tient à ce que la vis micrométrique renfermée dans la colonne du pied destinée à supporter le corps du microscope est moins bien garantie que dans les moyen et grand modèles. Les vapeurs acides peuvent, par conséquent, l'altérer plus facilement lorsqu'elles pénètrent jusqu'à elle; les mouvements lents et délicats qu'exige l'examen d'un très grand nombre de corps se trouvent devenus irréguliers ou même impossibles (1). On est alors forcé de se borner aux mouvements de

(1) On peut voir que nous supposons connus le microscope et son emploi en général, en sorte que nous n'avons pas à répéter ici les descriptions

glissement que peut exécuter le corps dans le tube de la colonne qui le supporte. Ce moyen est le plus rapide pour les faibles grossissements, quand on a soin de tenir propres le corps du microscope et le tube où il glisse, mais il est très incommode lorsqu'on emploie des objectifs puissants. On devra donc préférer à ce modèle et aux microscopes analogues le moyen modèle, ou les microscopes qui, comme celui-ci, ont une platine de verre noir. Le grand modèle de Nachet a des pièces très délicates qui demandent plus de précautions que n'en prennent les élèves, et ces pièces ne sont pas nécessaires pour les recherches qui nous occupent. Néanmoins en prenant un peu de soin on peut facilement les garantir. Le moyen modèle répond du reste à toutes les exigences, et résiste mieux aux manœuvres brutales auxquelles on voit ces instruments soumis par la plupart de ceux qui s'en servent pour les premières fois, sans avoir, à ce qu'il paraît, jamais songé qu'il faut approprier la nature des mouvements à la délicatesse de l'instrument; et surtout sans avoir préalablement étudié quelle est la distance totale de chaque objectif, et par suite quelle est l'épaisseur des lamelles de verre à employer pour chaque objectif. Du reste, tout ce qui a été dit ailleurs (1) sur les oculaires et objectifs qu'il est nécessaire d'annexer à chaque microscope pour que l'emploi anatomique en soit possible s'applique aussi bien au genre d'étude dont nous parlons qu'à tout autre.

534. — Parmi les instruments particuliers dont le microscope entraîne avec lui l'usage, se trouvent les lames et lamelles de verre, souvent désignées sous le nom d'*instruments accessoires*, quoique leur usage soit indispensable. A ces lamelles de verre, il faut joindre, pour le sujet qui nous occupe, les verres de montre de diverses profondeurs, mais d'autant moins creux, d'autant plus plats, qu'il s'agit d'employer un pouvoir amplifiant plus considérable.

déjà faites dans l'introduction à cet ouvrage. Ch. Robin, *Du microscope et des injections, etc.* Paris, 1849, in-8°. Voyez 1re partie, p. 85 et suiv.

(1) Ch. Robin, *Du microscope, etc.* Paris, in-8°, 1849, 1re partie, art. V, p. 149 : *Des objectifs indispensables aux études.*

Nous n'avons rien à ajouter (1) sur ce qui concerne les lames et lamelles, si ce n'est que plus elles sont larges, plus elles sont commodes, parce que, comme quelquefois on emploie une quantité assez considérable de liquide tenant des cristaux en suspension, il ne s'épanche pas aussi facilement sur la platine, accident qui est très gênant.

Il est bon d'en avoir d'épaisses, creusées circulairement à pic dans une partie de leur épaisseur, de manière à y pouvoir mettre l'éther tenant en suspension des cristaux. Cette excavation étant exactement remplie, on la recouvre exactement en glissant une lamelle de verre de manière qu'il ne reste pas d'air entre elle et le liquide; l'éther reste alors longtemps sans s'évaporer, et sans que par suite les cristaux s'altèrent. Sans cette précaution, les principes qui ne cristallisent bien que dans l'éther ou l'alcool pur sont difficiles à bien étudier, et surtout à dessiner. De plus, en se servant de lamelles minces, on peut se servir de grossissements variant entre 250 et 350 diamètres.

Dans les cas où l'on n'a pas de ces lamelles creusées à pic circulairement, on peut se servir de verres de montre plats qu'on remplit complétement du liquide, et qu'on recouvre d'une lame de verre suffisamment large. Dans ce cas, on ne peut guère dépasser l'emploi des pouvoirs amplifiants atteignant 100 à 120 diamètres. On peut se passer de recouvrir le verre de montre; mais alors l'évaporation du liquide est très rapide et détermine un tourbillonnement continuel des cristaux en suspension ou déposés au fond du verre, ce qui empêche de les bien étudier. De plus, l'objectif est à une température au-dessous de celle de l'air ambiant; et si l'on est obligé de l'approcher un peu du liquide, celui qui s'évapore vient se déposer à la surface de la lentille, et nuit à l'examen. Néanmoins, ce sont là de petites difficultés qu'on parvient à vaincre, et si l'on n'a besoin que d'un examen rapide, sans être obligé

(1) Voyez Ch. Robin, *loc. cit.* Paris, 1849, in-8°, 1re partie, art. III, p. 108.

de dessiner les cristaux, on n'est pas forcé absolument de recouvrir le liquide.

535. — Outre ces différents objets, il faut encore avoir des baguettes de verre agitateur pour prendre une goutte d'eau mère dans les capsules, et la déposer sur la lame de verre, pour ensuite la recouvrir d'une lamelle et examiner les cristaux qui s'y trouvent.

Il faut, de plus, un ou plusieurs tubes effilés ou non effilés, dont on se sert pour aller chercher au fond des capsules, tubes et flacons, tel ou tel cristal ou groupes de cristaux qu'on veut étudier. Pour cela, on les plonge dans le liquide après avoir bouché leur extrémité supérieure, et on lève ensuite le doigt de manière que la pression atmosphérique, chassant l'eau dans le tube, lui fasse entraîner le corps qu'on veut retirer. On prend bientôt l'habitude de saisir tel corps qu'on veut, et accompagné seulement de la quantité de liquide dont on a besoin.

Souvent il est bon de laisser descendre par son propre poids le cristal ou la poussière cristalline dans la goutte qui est à l'extrémité du tube ; on dépose alors celle-ci sur la lame porte-objet, on la recouvre d'une lamelle, et l'on examine. On procède ainsi, soit sur les liquides évaporés, extraits des tissus, etc., soit sur les urines contenant des dépôts morbides.

Il faut joindre à ces instruments une ou deux petites spatules de corne, ou mieux de baleine, qui se ramollit moins que la corne au contact des acides et de la chaleur. Elles doivent être étroites, formées, par exemple, par une baguette de baleine amincie à l'extrémité : elles servent à recueillir les dépôts cristallins au fond des capsules, des tubes, etc., et à les placer sur la lame porte-objet, pour les recouvrir ensuite avec une lamelle et les examiner au microscope.

b. Préparation des objets à étudier.

536. — La préparation des objets cristallins que l'on veut examiner au microscope se fait simplement en déposant ceux-ci sur la lame porte-objet, après qu'on les a enlevés à l'aide de

l'un des instruments dont nous venons de parler. On les recouvre ensuite d'une lamelle mince, et l'on porte le tout sous le microscope.

Il importe d'examiner les cristaux dans l'eau mère où ils se sont formés, et de ne pas les transporter de ce liquide dans un autre. Une fois les cristaux formés dans un liquide, il faut les examiner dans ce liquide, et ne pas en redissoudre une portion pour les voir cristalliser dans un liquide plus pur, ainsi qu'on le voit souvent faire par les commençants. Il faut agir ainsi pour deux raisons : d'abord parce que les cristaux qui se forment lorsqu'on a redissous les premiers déposés sont toujours plus petits que ceux-ci ; la raison de cela est qu'ils se sont formés dans un liquide contenant une moindre masse de substance en dissolution que la première fois. Si donc, à une première évaporation de toute une eau mère d'un liquide, les cristaux formés sont trop confus pour que l'on puisse reconnaître à quelle espèce ils appartiennent, il faut faire dissoudre en masse les cristaux obtenus, et les faire cristalliser dans de meilleures conditions. En second lieu, il faut agir comme nous indiquons, parce qu'en prenant une petite portion des cristaux pour les redissoudre, comme, ainsi que nous l'avons vu, les formes cristallines présentent quelque variété nouvelle toutes les fois qu'elles se forment dans un milieu différent, celles qu'elles affectent en cristallisant en petite quantité sont souvent des dispositions irrégulières et nullement caractéristiques de l'espèce.

Il faut surtout avoir grand soin : 1° de ne pas prendre quelques cristaux pour les dissoudre sur la lame porte-objet et les faire cristalliser là ; 2° de ne pas prendre quelques gouttes de l'eau mère pour les faire cristalliser sur la lame porte-objet. En effet, dans ces cas-là, que la cristallisation ait lieu rapidement sur le feu ou lentement, les formes caractéristiques n'en sont pas moins altérées ; on n'obtient alors que des formes irrégulières ou des arborisations, des dendrites qui prennent bien, avec les mêmes sels et dans des circonstances semblables, un aspect qui est à peu près le même ; mais il faut

une longue habitude pour arriver à le reconnaître, et souvent on est trompé par l'impossibilité, par exemple, de distinguer les unes des autres les arborisations formées par les chlorures alcalins, etc. Ainsi, c'est toujours dans leur eau mère (sérum ou autre liquide) qu'il faut laisser se former les cristaux et les transporter dedans.

537. — La préparation faite et recouverte de sa lamelle de verre mince, il faut étaler un peu les cristaux par de légers mouvements de celle-ci, en ayant soin de ne pas les écraser. Souvent l'eau mère est un sirop très épais qui empêche d'étaler les cristaux et ne se répand pas sous toute la lame de verre : il ne faut pas, dans ce cas, ajouter d'autre liquide que de l'eau mère, moins dense, ou de la première un peu étendue d'eau ; mais il faut toujours faire en sorte que ce liquide ajouté ne soit pas tellement dilué qu'il dissolve les angles et arêtes des cristaux. Pour les cristaux des corps gras seulement, on peut ajouter de l'eau sans altérer les formes cristallines, à cause de la complète insolubilité de ces corps.

Il est encore une circonstance dans laquelle on est obligé quelquefois d'étendre un peu l'eau mère. C'est quand celle-ci, qui est toujours plus ou moins colorée en brun, est tellement épaisse, tellement sirupeuse et dense, qu'elle empêche de bien voir les arêtes des cristaux. Toutefois le fait est rare ; le plus souvent les cristaux apparaissent clairs et transparents au milieu du liquide brun, épais, qui les entoure, et rarement leurs arêtes sont tellement masquées qu'on soit obligé d'étendre le liquide.

538. — Il faut être prévenu que les eaux mères résultant de l'évaporation des liquides animaux forment des sirops toujours déliquescents. Il s'ensuit qu'une préparation étant faite, si l'on veut la conserver jusqu'au lendemain, il faut la recouvrir avec soin ou même la placer dans le vide ; autrement elle attire la vapeur d'eau et les cristaux se dissolvent. Il en est, à plus forte raison, de même du résidu tout entier de l'évaporation : on sait, du reste, depuis longtemps, que toutes les fois qu'on cesse une évaporation, il faut séparer du

liquide les cristaux déjà formés pour qu'ils ne s'altèrent pas par suite de la déliquescence de l'eau mère.

539. — Lorsqu'il s'agit d'examiner des substances organiques, comme la fibrine, par exemple, la préparation se fait comme s'il s'agissait d'éléments anatomiques, c'est-à-dire qu'on étale par dilacération, sur la lame porte-objet, les fragments du principe à étudier, placés dans une goutte d'eau; on les recouvre ensuite d'une lamelle mince et on les examine. Il faut avoir soin d'employer dans ce cas un pouvoir amplifiant plus considérable que s'il s'agissait de principes cristallisés, car la fibrine se coagule sous forme de fibrilles extrêmement fines qui peuvent facilement être distinguées des fibres qui sont des éléments anatomiques; mais pour cela il faut les mêmes pouvoirs amplifiants qu'on emploie pour étudier les plus petits de ceux-ci.

c. De l'emploi des grossissements forts ou faibles.

540. — Il semble tout simple que, lorsqu'il s'agit d'étudier des corps plus petits que ceux que nous pouvons voir à l'œil nu, la première chose à faire soit de se placer dans des conditions physiques telles que ce corps et les particularités de structure qu'il présente deviennent faciles à voir et à comparer à celles des corps qui peuvent leur ressembler. Il semble tout simple que la première chose à faire soit de rapprocher ce corps autant que possible du volume habituel des corps que nous avons communément sous les yeux, et cela en employant un instrument dont le pouvoir amplifiant soit en rapport avec le volume de l'objet étudié; en employant une loupe lorsqu'il s'agit seulement d'examiner la surface d'un objet déjà visible à l'œil nu; en employant un microscope pour faire voir l'objet s'il est invisible, et en employant ce microscope, assez puissant, non-seulement pour faire voir l'objet, mais encore assez pour en grossir les détails, de telle sorte qu'on puisse les examiner séparément aussi bien que dans leur ensemble, pour les comparer à d'autres, soit séparément, soit pris en masse sous le point de vue de l'aspect

général que leur ensemble donne à l'objet tout entier. Rien de plus important que de pouvoir ainsi étudier les détails de structure d'un groupe cristallin ou les granulations et autres détails d'une cellule épithéliale, cancéreuse, etc., tout aussi bien que leur aspect général, dont le cachet caractéristique pour chacune de ces espèces de corps n'est autre chose que la résultante de tous ces détails particuliers.

Rien, pourtant, de plus rare que de voir ces conditions remplies. Il ne s'élève pas une discussion dans une société savante ou ailleurs où, après avoir entendu discuter longuement sur le diagnostic différentiel de corps qui ont quelque analogie entre eux; où, après avoir entendu soutenir de la manière la plus assurée l'impossibilité de la distinction, on n'entende bientôt vous dire que les objets ont été vus à 350 diamètres, lorsqu'ils en exigent 550 à 600 avant d'être placés dans les conditions convenables pour pouvoir en étudier les caractères distinctifs. Entre voir une espèce de corps et le voir de manière que les caractères qui le distinguent d'un autre soient nettement percevables, il y a une distance énorme. Une cellule cancéreuse et son noyau se voient à 250 ou 300 diamètres; les caractères tirés du volume du noyau, de sa structure et de celle de la masse cellulaire, ne se voient qu'à 500, et ne peuvent être bien étudiés, comparativement avec les épithéliums, les éléments fibro-plastiques, qu'à 550 diamètres. Entre voir un objet, une cellule et son noyau, et connaître ces détails distinctifs qui ne s'apprennent naturellement que par une comparaison avec les objets analogues, mais non identiques, quoi qu'on dise, il y a entre ces deux choses un espace de temps à consacrer et un nombre d'observations à faire considérables. Et pourtant rien de plus rare que de voir remplies, d'une part, ces conditions relatives au pouvoir amplifiant, et, de l'autre, ces conditions plus longues, plus pénibles, de comparaisons anatomiques répétées, pour lesquelles, malgré de prétentieuses aspirations, la supériorité intellectuelle ne peut jamais prévaloir sur l'expérience.

Pourquoi donc ces conditions physiques, si simples à remplir, mais aussi tout à fait indispensables, comme le montre l'expérience, sont-elles si peu prises en considération?

Parce que chez quelques observateurs toute conviction est flottante, et ceux qui se plaisent dans cet état répugnent de parcourir tous les degrés, en plus et en moins, de l'observation et de l'expérience; étude successive qui mène à la certitude ferme et inébranlable dans ses bases, susceptible de résister au choc des passions, mais qui fait bientôt disparaître cette intrépidité de bonne opinion de soi-même qui caractérise ceux dont pourtant l'esprit oscille toujours quand il s'agit d'un point fondamental de science. Ils manquent de cette fermeté qui empêche de dire niaisement qu'on craint de voir telle ou telle opinion qu'on a adoptée renversée par une série de faits nouveaux; manque de fermeté qui vient de l'absence de doctrine et de nourriture substantielle puisée dans les succès et les insuccès de l'expérience; manque de fermeté qui conduit à la résistance contre tout ce qui est net, progressif, et rend irascible contre tout ce qui vient déranger quelque système reconnu vicieux, ou contre ce qui tend à introduire un ordre régulier dans un ensemble de faits anatomiques ou pathologiques restés épars, et par suite inutiles.

Dites qu'un fait anatomique est difficile à constater, que la distinction d'un élément ou d'un principe d'avec cet autre présente quelque difficulté, ils diront qu'elle est même impossible. S'agit-il du cancer, ils diront qu'il est impossible souvent de le distinguer de l'épithélium ou des éléments fibro-plastiques; mais demandez-leur si, comme cela semble devoir être s'ils sont conséquents, si c'est par l'élément épithélial réuni en tissu que sont causés les accidents généraux et locaux du cancer, aussitôt il y a hésitation et vague, diffusion dans les réponses.

Vous ne tarderez pas à reconnaître qu'il leur manque les notions préliminaires, mais indispensables, sur la distinction de tous les éléments normaux dans toutes les régions du corps, sur l'étendue des limites entre lesquelles

ils sont susceptibles de varier, d'osciller en quelque sorte sans perdre leurs caractères spécifiques. Alors la notion d'impossibilité ou de peu de netteté de la distinction se présente aussitôt à leur esprit pour remplacer celle de la série de faits anatomiques nécessaires pour l'appréciation des caractères différentiels des éléments, soit normaux, soit morbides ; car, il faut bien le savoir, il n'est pas un fait anatomique, soit normal, soit morbide, qui, pour pouvoir être apprécié à sa véritable valeur intrinsèque, ou comme caractère distinctif, n'exige déjà la connaissance d'un certain nombre de faits, que l'on dit souvent préliminaires, mais qui n'en sont pas moins indispensables. Or, à chaque instant, lorsque quelque fait nouveau, ou quelque différence nouvelle entre deux choses vient à être découverte, on se voit demander la démonstration du fait, et alors on le voit mis en doute ou nié par des personnes qui, aux premiers mots qu'elles prononcent, font voir qu'il leur manque les notions les plus rudimentaires, indispensables à l'intelligence ou à l'interprétation de l'expérience, et qui ne se sont pas même demandé si elles ont rempli ces conditions, si elles ont parcouru la moindre partie des études spéciales qui ont conduit l'observateur à constater le fait qu'il avance.

Ce n'est pas du premier jour qu'on arrive à pouvoir saisir la valeur des détails de structure de chaque élément ou de chaque cristal, ni surtout ce cachet que présente l'ensemble de la préparation que l'on parcourt successivement dans toutes ses parties ; ce qui mène à reconnaître que, quelles que soient les variétés de forme, de volume, etc., elles ne sont jamais dues qu'à la diminution ou à l'exagération sur un individu, de quelques particularités qui, sur d'autres individus, présentent un égal développement. Ce sont ceux-là qu'on appelle des *types*, ce sont ceux-là qu'on choisit comme *types* de la description générale, tandis que, pour les autres individus, il faudrait choisir et réunir plusieurs individus pour former, en les réunissant, une sorte d'individu collectif coïncidant tout

à fait avec les individus qui naturellement présentent une égalité de tous les caractères.

541. — Cette discussion s'applique à la distinction des espèces de principes immédiats qui se présentent à nous après l'extraction sous forme d'individus cristallins, aussi bien qu'aux éléments anatomiques. Seulement nous avons dû prendre des exemples dans l'histoire des éléments anatomiques, parce que c'est là où ils sont des plus tranchés, et surtout parce qu'il faut les prendre là où ils sont le mieux connus, pour faire comprendre les choses encore inconnues.

Les pouvoirs amplifiants à employer pour l'étude des principes immédiats varient entre 15 à 500 diamètres. Il est difficile d'indiquer d'avance quels sont ceux qu'il faut choisir pour telle ou telle espèce de principe, par la raison que, suivant la quantité de liquide employée, on obtient des cristaux de la même espèce avec des volumes différents. On pourra, à cet égard, se guider sur notre atlas, dans lequel nous avons placé l'indication du pouvoir amplifiant à côté de chaque figure.

Il faut cependant remarquer, d'une manière générale à cet égard, qu'il vaut toujours mieux employer les forts pouvoirs amplifiants de préférence aux plus faibles. Il ne suffit pas de voir les cristaux ou les groupes cristallins, il faut encore pouvoir examiner les détails de chacun. On prend bien ici, comme dans le reste de l'anatomie, l'habitude de saisir, d'après l'aspect général d'une préparation vue à un faible grossissement, qu'elle appartient à telle ou telle espèce de principes ou d'éléments. Mais ici, comme là, on peut se tromper sous ce rapport plus souvent qu'on ne pourrait croire. Un pouvoir amplifiant, qui ne permet que d'apercevoir les arêtes limitant les angles, ne saurait suffire. Il faut que les faces du cristal apparaissent avec une certaine largeur. Ce n'est qu'alors qu'il est possible de pouvoir tenir compte des petites facettes modifiantes, tangentes aux angles et aux arêtes, qui sont indispensables à bien étudier, puisque c'est en tenant compte de leur situation qu'on arrive à déterminer la forme

primitive du cristal, et, par suite, l'espèce chimique à laquelle il appartient. Ce n'est qu'alors aussi qu'on peut bien tenir compte de la teinte légère, de l'espèce de reflet légèrement coloré qu'on aperçoit sur les cristaux de beaucoup d'espèces, le long de leurs arêtes, lorsqu'ils sont traversés par la lumière transmise.

Il importe d'employer un pouvoir amplifiant assez considérable pour d'autres motifs encore. Au milieu de cristaux assez volumineux, il s'en trouve toujours beaucoup de très petits, soit réguliers, soit déformés en aiguilles et en lamelles isolées ou groupées. Nous avons déjà vu que ces modifications de forme ont, pour chaque espèce, quelque chose de caractéristique : or il est impossible de bien apprécier ces particularités à un faible pouvoir amplifiant ; il est impossible surtout de reconnaître dans les plus grosses des lamelles et aiguilles celles qui conservent encore quelques unes des faces latérales ou terminales des cristaux réguliers, et établissent ainsi la liaison qui les fait reconnaître comme appartenant à la même espèce chimique que ces derniers. Ce fait est important, lorsqu'il s'agit de distinguer une espèce de plusieurs autres qui lui sont mêlées, dont deux ou trois peuvent également avoir des cristaux déformés en aiguilles, lesquelles ne se distinguent plus que par leur volume comparatif, leur teinte, leur manière de réfracter la lumière ou leur mode de groupement.

Dans le cas où il y a des cristaux par trop volumineux mêlés à d'autres en aiguilles, etc., il est quelquefois nécessaire d'employer successivement un faible et un fort grossissement. Il faut, quand on prévoit cela, ne pas manquer d'employer une lamelle mince et non un verre épais pour recouvrir la préparation, afin de ne pas être obligé de déranger celle-ci en étant forcé plus tard de remplacer une lamelle par une autre plus mince. Cet inconvénient est du reste moindre dans l'étude des principes immédiats que lorsqu'il s'agit de celle des éléments anatomiques.

542. — Il est des principes qui, dans presque toutes les circonstances, se déposent en cristaux tellement petits, qu'il

faut toujours, pour les étudier, employer les pouvoirs amplifiants de 400 diamètres à 500. Ce sont surtout les corps gras. Il est vrai que les aiguilles courtes ou longues qu'ils forment sont habituellement réunies en groupes volumineux, qui souvent sont bien plus caractéristiques quant à leur disposition générale même (acide margarique) que les aiguilles prises isolément. Mais il n'en est pas ainsi pour tous; il n'en est pas ainsi de la margarine et de la stéarine, par exemple; et les groupes d'acide margarique ne sont bien faciles à étudier que vers 300 diamètres. De plus, la netteté ou non des aiguilles prises à part, leur rigidité ou leur légère courbure, si souvent caractéristiques dans l'étude des corps gras, ne se voient pas bien avec les faibles grossissements. Enfin, la *structure* des groupes, qui est fort utile dans ces distinctions, quoiqu'il soit souvent difficile d'en donner une bonne idée par la description, nécessite habituellement les plus forts grossissements de ceux qu'on emploie dans l'étude des cristaux des principes immédiats, savoir 400 à 480 diamètres (objectifs 4 et 5 de Nachet, oculaires 2 et 3).

Ainsi, on voit que les mêmes motifs qui font choisir l'emploi des pouvoirs amplifiants puissants, de préférence aux plus faibles, dans l'étude des éléments anatomiques, doivent également les faire choisir dans celle des principes immédiats, bien qu'il ne soit pas nécessaire ici d'en employer d'aussi puissants, ni de se servir aussi constamment des plus forts.

d. Examen des préparations.

543. — Il faut, dans l'examen de toute préparation, toujours parcourir l'étendue entière de la portion recouverte par la lamelle, afin de pouvoir tenir compte, dans le jugement qu'on porte, du plus grand nombre possible de formes. Lorsqu'il n'y a qu'une seule espèce de principe cristallisée dans l'eau mère, il suffit d'étudier la forme, le volume, la couleur, etc., des cristaux, puis à les figurer, ou à les comparer aux cristaux de quelque autre préparation d'une espèce que l'on croit analogue ou différente, selon les cas.

Mais le plus souvent il y a deux, même trois espèces de cristaux mélangées. Lorsque déjà on en connaît bien une d'après la manière dont elle cristallise, dont elle réfracte la lumière, etc., on s'habitue très vite à ne plus s'en occuper, pour ne porter son attention que sur les espèces qu'on désire étudier spécialement. C'est ainsi qu'au bout de peu de temps on ne s'occupe plus du sel marin qui se retrouve dans la plupart des préparations, et souvent en plus grande quantité que toute autre espèce.

L'une des espèces étant laissée de côté, ou non, selon le besoin, on poursuit comparativement les cristaux d'une ou de deux des autres relativement à l'identité ou à l'analogie de leurs formes, au mode de troncature de leurs angles ou des arêtes, à leur teinte, etc. On en rapproche ensuite les formes exceptionnelles isolées ou groupées, d'après la nature des angles ou des faces analogues encore visibles, ou selon que ce sont les cristaux réguliers de telle ou telle espèce qui se trouvent englobés dans quelques uns des groupes d'aiguilles ou de lamelles. Il est en effet très fréquent de trouver dans certains groupes quelque cristal régulier enveloppé par des cristaux déformés de même espèce, tandis qu'il est extrêmement rare de rencontrer un cristal d'une espèce de corps englobé dans un groupe de cristaux d'une autre espèce.

C'est en partant ainsi des formes régulières pour suivre les déformations en les rapprochant des formes précédentes au fur et à mesure qu'on les rencontre, qu'on parvient à prendre rapidement l'habitude de reconnaître à quelle espèce chimique appartiennent les cristaux qui ont telle forme, ou présentent tel mode de groupement, etc., avec telle ou telle teinte quand ils réfractent la lumière.

Quand il s'agit de corps qui ne cristallisent qu'en aiguilles ou en lamelles isolées et groupées, comme la stéarine et la margarine, lors même que les cristaux sont mêlés, la distinction est souvent plus facile que lorsqu'il s'agit de substances dont les cristaux sont réguliers. En effet, les cristaux réguliers peu-

vent appartenir à des systèmes différents, quoique leurs formes primitives soient les mêmes et ne diffèrent que par la valeur des angles, laquelle ne s'apprécie pas au premier coup d'œil : tel est le cas du phosphate de magnésie comparé à l'acide pneumique. Mais au contraire les modes de groupement ensemble des aiguilles et des lamelles ont toujours quelque chose de spécial dans chaque espèce, lors même que les formes primitives sont analogues. Aussi l'étude de ces groupes cristallins est-elle d'une grande utilité.

Ainsi donc avant de porter un jugement sur la nature chimique de telle ou telle espèce de cristaux et avant de les figurer, il faut avoir fait l'examen successif de toutes les formes et variétés qui se rencontrent dans le champ du microscope. Il faut négliger de prendre en considération telle espèce de cristaux, soit parce qu'ils sont déjà connus, soit parce qu'ils sont très différents de ceux qu'on poursuit, et en laissant aussi de côté cette quantité de grains amorphes provenant des substances organiques coagulées, ainsi que des gouttes graisseuses qui se sont réunies et parsèment le champ du microscope dans la plupart des préparations.

B. *Étude sous le microscope des divers ordres de caractères des principes immédiats.*

I. — MOYENS EMPLOYÉS DANS L'EXAMEN DE LA FORME DES CRISTAUX.

544. — Cet examen offre peu de difficultés, et n'exige aucune particularité dans l'emploi du microscope. Il suffit, le plus souvent, d'examiner l'ensemble du cristal d'abord, puis successivement les divers angles et arêtes, pour en constater la régularité ou l'irrégularité et l'écartement. Toutefois, quand un cristal est fort transparent, il n'est pas toujours facile de savoir si telle ou telle troncature d'un angle porte sur celui qui est tourné du côté de l'observateur ou du côté opposé ; lorsque ces facettes sont nombreuses, comme on le voit quelquefois pour le phosphate ammoniaco-magnésien, leur situation respective et leur inclinaison ne sont pas toujours faciles

à apercevoir. Comme les cristaux sont en général assez épais et que le microscope ne montre jamais qu'un plan, si l'on fait alternativement monter et descendre le corps de l'instrument par des mouvements lents, on parvient à reconnaître quelle est celle des surfaces qui est tournée du côté de l'observateur, surtout en se guidant sur les granulations moléculaires qui très souvent adhèrent aux faces des cristaux. Le mieux est encore de déterminer quelque courant dans l'eau mère où il se trouve (par des mouvements imprimés à la lamelle qui recouvre la préparation), afin que le cristal, en roulant dans le liquide, présente à l'observateur successivement toutes ses faces. Ce moyen est des plus utiles toutes les fois qu'on peut l'employer, et non seulement pour l'étude des cristaux réguliers, mais encore des groupes d'aiguilles ou de lamelles cristallines. Quelquefois on tire utilement parti de la diminution ou de l'augmentation de la quantité de lumière qu'on fait arriver sur l'objet à l'aide du miroir réflecteur qu'on incline dans un sens ou dans l'autre. Les faces plus ou moins éclairées deviennent aussi plus ou moins évidentes, selon la quantité de lumière incidente qu'elles réfléchissent comparativement à celle qu'elles transmettent.

545. — *Mesure des angles.* Dans les cas où la mesure des angles sera possible et sera considérée comme nécessaire, ce qui est rare, il faudra employer les microscopes de M. Nachet, auxquels cet habile artiste a adapté le goniomètre de M. le docteur Smith. Ce goniomètre se compose du cercle gradué ordinaire, qui est fixé horizontalement vers le milieu du corps du microscope. Les oculaires, quels qu'ils soient, peuvent recevoir à volonté un micromètre qui se glisse au foyer du verre de l'œil par une ouverture latérale. On fait correspondre une des lignes principales de ce micromètre avec une des arêtes de l'angle qu'on veut mesurer. Alors on fait tourner l'oculaire, et avec lui le micromètre, jusqu'à ce que l'une de ses lignes de division parallèle à la première vienne coïncider avec l'autre arête de l'angle qu'on mesure. Comme en tournant, l'oculaire entraîne une pièce portant une

alidade, on n'a plus qu'à compter le nombre de degrés parcourus par celle-ci pour connaître la valeur de l'angle.

Il faut avoir soin, dans ces mensurations, de choisir un cristal qui soit placé horizontalement, parce que si celui des plans de l'angle solide dont les arêtes sont prises pour point de départ de la mesure se présentait obliquement, la valeur obtenue serait trop petite. Cette erreur n'est à craindre qu'autant qu'il s'agit d'un cristal polyédrique. Les lames cristallines ne peuvent pas y donner lieu.

En mesurant ainsi les angles opposés, puis les angles complémentaires sur plusieurs cristaux, on peut voir qu'on arrive toujours à des chiffres exacts. En mesurant des cristaux à angles connus, on constate que l'erreur ne s'élève pas à un demi-degré.

II. — MOYENS EMPLOYÉS DANS L'EXAMEN, A L'AIDE DU MICROSCOPE, DES CARACTÈRES PHYSIQUES DES PRINCIPES IMMÉDIATS CRISTALLISÉS.

546. — On ne peut, sous le microscope, étudier comparativement la consistance des cristaux qu'en les écrasant à l'aide de la lamelle qui recouvre la préparation ; on tire peu parti de ce moyen. Cependant, quelquefois on l'emploie pour comparer les amas cristallins des principes graisseux à ceux d'autres principes. Ce moyen est aussi utilisé quand on étudie des groupes d'aiguilles disposés en masse sphérique à surface plus ou moins lisse ; tout en constatant leur plus ou moins de friabilité, on arrive ainsi à démontrer mieux sur les fragments que sur la petite sphère la disposition des aiguilles irradiées autour d'un centre.

547. — L'étude de la couleur propre aux cristaux n'exige aucun moyen particulier pour être étudiée. Il n'en est pas de même des modifications que font éprouver beaucoup de cristaux à la lumière polarisée. Pour être examinées, elles exigent l'emploi de l'appareil polarisateur : la description et le mode d'emploi de cet instrument ayant été donnés ailleurs, nous y renvoyons (1).

(1) Ch. Robin, *Du microscope et des injections, etc.* Paris, 1849, in-8°, 1re partie, p. 122.

548. — La forme des cristaux ou de leurs groupes, leur volume habituel même dans des conditions déterminées, leur manière de réfracter la lumière, sont autant de caractères dont l'ensemble frappe le praticien dès le premier coup d'œil, et lui font souvent reconnaître qu'il s'agit de telle ou telle espèce de principe, avant qu'il ait analysé profondément chacun de ces caractères. Il faut même joindre à cela l'habitude involontaire qu'on prend dans la pratique de tenir compte, dans ce premier jugement, des objets étrangers aux cristaux, mais qui les accompagnent ordinairement dans telle ou telle circonstance donnée : telle est la présence de gouttes de graisses, de matières coagulées, etc., quand il s'agit de telle ou telle humeur.

Comme tout caractère extérieur se trouve être nécessairement en rapport avec la constitution moléculaire intime du corps qui le présente, ce jugement, qu'on porte ainsi d'après l'aspect général de la préparation, n'est autre chose que le résultat de l'habitude qu'on prend de rattacher rapidement cet ensemble de caractères à leur cause, c'est-à-dire à la constitution chimique du corps qui les présente; ou, si l'on veut, de rattacher rapidement le nom spécifique de ce corps à cet ensemble de caractères. Comme par suite de cette relation entre les caractères extérieurs et la constitution moléculaire intime des corps, la préparation, dans des conditions analogues, offre toujours un aspect spécial qui est le même pour une même espèce et qui diffère quand les espèces sont différentes, il ne faut donc pas chercher à voir quelque chose de mystérieux dans cette habitude que l'on prend à la longue de porter un diagnostic rapide et habituellement exact sur tel ou tel corps. C'est là un résultat de l'expérience : c'est peu à peu, par suite d'observations répétées, qu'on en arrive là. Si, dans le principe, on juge moins vite, c'est qu'on analyse isolément chaque caractère ; puis, à la longue, on cesse de répéter cette analyse intellectuelle, et l'on finit quelquefois par porter un jugement sans se rendre compte tout de suite de ce sur quoi il est appuyé. La

réflexion, l'examen de chaque caractère pris à part ramènent seuls à pouvoir dire sur quoi est basée la décision. Cette manière toute particulière de juger, quelquefois même empirique (c'est-à-dire conduisant à des résultats exacts avant que tous les caractères pris à part puissent être définis, rattachés à leur condition d'existence intime ou moléculaire), l'expérience répétée seule la donne, et là nulle supériorité intellectuelle ne peut remplacer l'expérience. Aussi rien de plus puéril que de vouloir tendre à faire croire qu'il y a là quelque chose de mystérieux, de surnaturel, auquel tout le monde ne saurait parvenir. C'est au contraire l'*a b c* de la science, et l'on ne saurait sans ridicule se glorifier de savoir rattacher un caractère extérieur, un phénomène de coloration, de structure, etc., à ses conditions d'existence. Nous sommes obligés de signaler ces faits, parce que nous avons vu trop souvent les élèves embarrassés, après avoir vu porter ainsi un jugement au premier coup d'œil, lorsqu'on leur faisait ou laissait croire qu'il y a là quelque chose d'extraordinaire, ce qui les décourage souvent en leur faisant penser qu'il n'y a pas d'autre moyen que cette prétendue supériorité exceptionnelle pour arriver à vaincre les difficultés.

III. — EMPLOI DES RÉACTIFS CHIMIQUES SOUS LE MICROSCOPE.

549. — L'usage des réactifs, mis au contact des cristaux sous le microscope, est rarement utile. La raison en est très simple : le liquide dans lequel se trouvent les cristaux est un sirop, une eau mère contenant encore en dissolution plusieurs principes; dès lors le liquide qu'on introduit par capillarité entre les deux plaques de verre qui portent la préparation se combine à ces substances ou se mélange à elles. Dans tous les cas, il n'est plus pur lorsqu'il arrive aux cristaux.

Cependant quelquefois on tire un parti utile de l'introduction de certains réactifs au contact des principes immédiats. Ainsi l'eau, dissolvant facilement le sel marin et autres chlorures[1], sert à distinguer leurs octaèdres

de ceux de l'oxalate de chaux, dont les cristaux n'agissent pas sur la lumière polarisée et ne sauraient être distingués par ce moyen, mais sont insolubles dans l'eau. Les acides acétique, chlorhydrique, etc., mis au contact des urates, les décomposent, et laissant cristalliser l'acide urique, peuvent guider pour distinguer ces sels de quelques autres.

L'emploi de l'alcool et de l'éther, etc., est plus rarement utile, parce que ces réactifs sont susceptibles d'agir sur trop de corps pour que leur action sur un principe quelconque soit nette. En un mot, l'usage des réactifs sur les cristaux placés sous le microscope est rarement susceptible de donner des résultats nets, et par suite utiles. Le mélange dans l'eau mère de principes sur lesquels peut agir le réactif empêche à l'action d'être aussi nette qu'elle l'est pour les éléments anatomiques qui sont placés dans l'eau ; de plus, pour ceux-ci on ne connaît pas d'autre moyen d'en étudier les caractères chimiques. Pour les principes immédiats, au contraire, les caractères chimiques des espèces ramenées à l'état cristallin, c'est-à-dire inorganique, doivent être étudiés par les mêmes moyens qu'en chimie.

550. — Quant aux caractères d'ordre organoleptique, les procédés à employer pour les étudier ne diffèrent pas de ceux qu'on met en usage en chimie.

C. *De l'emploi des dessins dans la détermination des espèces cristallines.*

551. — Toutes les fois que nous voulons distinguer un corps d'un ou de plusieurs autres, l'opération intellectuelle que nous exécutons spontanément, sans chercher à nous en rendre raison, consiste à comparer les caractères de ce corps à ceux des êtres déjà connus. Or ce qui fait toute la difficulté des premières études, c'est de ne pas connaître encore les objets analogues à celui que nous avons sous les yeux, afin d'établir les différences qui existent entre lui et les autres ; c'est de ne pas encore connaître un assez grand nombre d'espèces de corps. Plus deviennent nombreux les composés chimiques que nous connaissons, plus diminuent les difficultés

de ce genre. Mais on comprend qu'à cet égard nulle supériorité intellectuelle ne peut remplacer l'expérience. Dès qu'on sort des faits généraux ou communs à tous ou à la plupart des êtres, pour entrer dans les faits de détail, il faut avoir vu et expérimenté.

Les dessins sont destinés à venir en aide autant que possible à ce travail d'observation, et à le suppléer en partie, lorsqu'on n'a pas encore vu, ou peu vu. La situation, la forme surtout, le volume, quelquefois la couleur, mais plus ou moins approximativement, peuvent être reproduits ; et une fois qu'ils le sont, il est possible de comparer ces caractères à ceux des corps que l'on a sous les yeux. Par conséquent, l'emploi des dessins est de la plus grande utilité et devient même nécessaire, toutes les fois qu'il s'agit d'étudier des cristaux d'une espèce qu'on n'a pas encore examinée, afin de la comparer aux cristaux des autres espèces, ou à ceux de ce composé-là, s'il a déjà été représenté. Comme la forme est le caractère principal qui guide, la comparaison à l'aide des dessins peut être complète sous ce rapport ; quand, outre les configurations régulières, les déformations diverses ont été représentées, on peut déjà très rapidement éliminer un très grand nombre d'espèces, et limiter à quelques unes seulement celles qu'il s'agit de comparer au composé qu'on veut spécialement déterminer. Le travail, sous ce rapport, se trouve considérablement abrégé et facilité, lorsque les cristaux du corps étudié ont une forme toute spéciale, comme ceux de la cystine, de l'acide margarique, comme les groupements de la cholestérine, etc. On peut même arriver tout de suite à déterminer l'espèce dont il s'agit par simple comparaison avec les figures.

Lorsqu'on est amené à comparer des espèces dont les formes primitives sont très analogues, si les groupements et les formes secondaires diffèrent beaucoup, comme c'est le cas pour le phosphate de magnésie et le phosphate ammoniaco-magnésien, la distinction est encore possible d'après les planches seules ; mais il n'en est plus de même dans quelques

cas qui, du reste, sont fort rares, dans lesquels les formes primitives ne diffèrent que par la valeur des angles, et dont les formes secondaires se font par décroissement portant, dans l'un et l'autre cas, ou sur les angles, ou sur les arêtes. Le dessin ne pouvant reproduire complétement l'aspect particulier que donnent les cristaux à la lumière transmise, ni même toujours la couleur, il faut alors comparer directement les deux espèces ; ou bien, quand il est possible, il faut tirer parti, pour les distinguer, soit de l'action des réactifs, soit de leur aspect extérieur, et autres caractères qu'on ne peut figurer.

Les dessins peuvent encore suffire dans les cas où, forcé de se borner à l'étude des faits généraux applicables à la physiologie et à la pathologie, on tient pourtant à constater les différences existant entre les diverses espèces sous le point de vue de leurs formes cristallines. Enfin, ce n'est qu'à la longue, après avoir vu souvent tous les principes, toutes les formes, qu'on finit par les avoir suffisamment gravés dans la mémoire pour n'être plus obligé d'avoir incessamment les dessins sous les yeux. Encore est-il que, toutes les fois qu'il s'agit d'une espèce nouvelle ou d'une espèce déjà connue, mais ayant cristallisé dans des conditions particulières, on est obligé de recourir aux planches pour abréger l'incertitude dans laquelle on se trouve sur la nature de ce corps.

D. *Du dessin des principes immédiats cristallisés.*

552. — Tout ce qui a été dit dans l'introduction à cet ouvrage sur le dessin des éléments organiques s'applique en entier aux principes immédiats et nous y renvoyons (1). Nous ne ferons qu'ajouter, comme dans les détails divers que nous venons d'exposer, quelques faits particuliers.

Le dessin des cristaux ne doit, en général, être commencé qu'après qu'on a étudié successivement tous les principaux décroissements de la forme primitive, puis, successivement,

(1) Ch. Robin, *Du microscope et des injections, etc.* Paris, in-8°, 1re part., p. 182.

les déformations en lamelles, aiguilles, etc., ainsi que les groupes cristallins. Ce n'est qu'alors qu'on peut reconnaître quelles sont les formes les plus fréquentes, celles autour desquelles on peut ranger toutes les autres, et les choisir convenablement au milieu de l'innombrable quantité de modifications que présentent les cristaux d'une même espèce qui se sont déposés en même temps ; en un mot, il ne faut faire le dessin qu'autant que, par l'étude des formes cristallines, on est arrivé à distinguer, dans la préparation, ce qui appartient à telle ou telle espèce. Ici, comme pour toute autre espèce de dessin, l'exécution devient plus facile quand une fois on connaît bien et que l'on conçoit nettement ce qu'il s'agit de représenter : le travail le plus difficile, et qu'il importe de bien faire d'abord, si l'on veut exécuter convenablement le dessin, c'est l'étude des caractères des cristaux que l'on veut représenter. Quand il s'agit de quelque espèce nouvelle de principes, il n'est pas nécessaire que déjà la nature chimique en ait été déterminée ; il suffit d'être certain que les caractères de ces cristaux ne sont pas les mêmes que ceux des espèces qui ont cristallisé en même temps, ou dont on connaît déjà les formes caractéristiques.

Lorsqu'une fois, pour telle ou telle espèce de principes, on est arrivé à voir quel est le grossissement qui en fait mieux voir toutes les formes, le dessin des cristaux doit, comme ceux des éléments anatomiques, être autant que possible un portrait de chacun d'eux : non pas qu'il faille aller jusqu'à représenter les granulations amorphes de substances organiques coagulées, etc. ,qui se déposent très souvent à la surface des cristaux et les rendent alors comme irréguliers, mais il faut les représenter avec la grandeur qu'ils ont au grossissement donné. Il faut représenter les arêtes avec leur teinte claire, pâle ou foncée, selon les cas ; il faut les représenter régulières, nettes ou plus ou moins dentelées ; il faut représenter les angles limités par ces arêtes, soit très nets, soit un peu arrondis, irréguliers, tendant à s'arrondir, selon les cas qui se présentent. Il faut surtout figurer les faces avec la teinte

claire ou foncée qu'elles offrent, car souvent les faces des cristaux vues de champ, un peu obliquement, sur les côtés du solide, sont, suivant les espèces, ou très claires ou très foncées, comme on peut le constater en comparant des cristaux d'acide hippurique ou de créatine à ceux de cystine. La nécessité de figurer toutes ces particularités tient à ce qu'elles donnent aux cristaux de chaque espèce de principes un aspect particulier : souvent des cristaux de même forme, ne différant que par la valeur des angles, peuvent être reconnus, d'après ces faits seulement, comme appartenant à des espèces différentes avant qu'on se soit servi du goniomètre. C'est même là ce qui rend ordinairement inutile, ou tout à fait accessoire, la mesure des angles pour distinguer les unes des autres les espèces de principes d'après leur mode de cristallisation.

Il faut éviter de figurer, comme on le fait quelquefois, tout ce qui se présente dans le champ du microscope. En effet, quoique, dans les mêmes conditions, on voie les préparations offrir à peu près le même aspect ; quoique les corps étrangers et les cristaux d'espèces diverses qui sont ordinairement mélangés ensemble concourent tous à donner un aspect particulier à la préparation, ce ne sont pas là les faits qui font distinguer telle espèce de cristal d'une autre. De plus, cet aspect n'est pas toujours tellement le même qu'on doive aller jusqu'à le figurer ; il varie selon les préparations : c'est le portrait des cristaux de l'espèce de principe qu'il faut faire, et non le portrait de la préparation. Ce mélange de plusieurs espèces de cristaux dans un même cercle qui est censé représenter les contours du champ du microscope sont ordinairement plus nuisibles qu'utiles ; aussi faut-il éviter d'imiter les auteurs qui ont suivi cette manière de faire, laquelle ne peut être comparée qu'à celle des anciens anatomistes, qui, à côté de l'organe disséqué qu'il s'agissait de représenter, figuraient la table et les instruments qui avaient servi à la dissection.

553. — Le dessin des cristaux n'exige que fort peu d'instruments particuliers. On doit généralement employer un papier lisse et des crayons durs, afin de reproduire toute la

netteté des arêtes : les crayons mous ne sont utiles que dans le dessin de quelques groupements cristallins. A part ces cas exceptionnels, il ne faut pas les employer, parce qu'ils font des tons trop épais. On peut également tracer les arêtes avec le tire-ligne, qui est de beaucoup préférable au crayon pour la netteté des traits, mais son emploi est plus long. Pour ombrer les cristaux n'ayant pas de coloration spéciale, on se sert du *noir de bougie*. Lorsqu'il faut reproduire des couleurs variées, on se sert des couleurs et des pinceaux employés pour l'aquarelle.

On abrége beaucoup le dessin des cristaux prismatiques en employant une petite règle à tracer les parallèles, ou une règle de verre qui permet de voir au travers les lignes déjà tracées. Il faut que ces règles soient graduées en millimètres afin de pouvoir donner facilement aux arêtes parallèles la même longueur. Pour figurer rapidement les cristaux hexagones, on emploie une carte sur laquelle sont tracés plusieurs cercles concentriques divisés par trois diamètres se coupant sous un angle de 60 degrés. Lorsqu'on veut reproduire un cristal hexaédrique, il suffit de piquer la carte avec une aiguille au point où les diamètres coupent les cercles, de manière que les pointes marquent sur le papier à dessin. On joint alors par des lignes les traces des piqûres qui marquent le sommet des angles.

Résumé sur les procédés qu'on emploie dans l'étude des principes immédiats.

554. — Ainsi qu'on le voit, les faits que nous venons de développer, de même que l'étude des principes immédiats, ne sont autre chose que l'étude des parties constituantes de l'organisme poussée aussi loin que possible jusqu'à ses dernières limites ; de même aussi les procédés que nous venons d'exposer reposent, au fond, uniquement sur l'extension des moyens d'étude employés en anatomie, poussés jusqu'au point de se rapprocher des moyens d'analyse moléculaire des corps. Ce sont, en un mot, la plupart des moyens de l'analyse anatomique mis en rapport avec la nature des corps anatomiques

nouveaux qu'il s'agit d'étudier. En effet, les principes sont unis moléculairement les uns aux autres, et non plus par simple contiguïté, comme les éléments, tissus, systèmes, organes, etc.; ici, par conséquent, les procédés d'analyse anatomique se trouvent amenés à ressembler aux moyens d'étude des corps unis moléculairement, à se rapprocher des procédés chimiques. Mais ils en diffèrent en raison de ce que présentent de particulier les principes de la troisième classe. C'est cette union de principes d'origine organique avec d'autres d'origine minérale, fait qui ne se retrouve pas dans les analyses purement chimiques; c'est, de plus, la présence parmi ces principes de substances organiques, corps sans analogues parmi ceux qu'étudie la chimie ; ce sont là, disons-nous, les conditions tout à fait spéciales des corps étudiés qui feront toujours différer l'analyse anatomique de l'analyse des minéraux ou des composés définis artificiels.

Voilà pour ce qui est de l'extraction des principes immédiats, comparée à l'extraction des éléments, tissus, systèmes, organes, etc., qui se trouve être une *dissection*, en raison de l'union par simple contiguïté avec adhérence des parties, au lieu d'être une analyse, comme lorsqu'il y a union molécule à molécule.

555. — Quant à l'étude des caractères que présentent les corps extraits, il n'y a rien au fond de bien nouveau, de bien différent de ce qu'on fait dans les autres branches de l'anatomie. C'est l'application du microscope à l'étude des cristaux des principes, comme elle a été faite à celle des cellules, fibres, tubes, etc. ; c'est l'extension de l'emploi de cet instrument à une subdivision de l'anatomie, à laquelle on ne l'avait guère appliqué jusqu'à présent, extension faite en tirant parti des connaissances cristallographiques empruntées surtout à la chimie.

Comme chaque substance cristallise différemment suivant sa nature (de même que toute différence de structure d'un élément anatomique indique une différence de nature), il en résulte que, dès qu'un cristal s'est formé, on peut déterminer

à son aide la qualité, la nature du corps qui se trouve dans le liquide.

De l'anatomie, le microscope peut être et a déjà été importé dans la chimie ; il sert de la même manière à faire séparer les unes des autres des espèces nouvelles ou déjà connues, mais qu'il s'agit de distinguer ; il dispense d'un certain nombre de réactions différentielles, souvent longues et difficiles, puis permet d'opérer sur de plus petites quantités. Il apporte plus de certitude et souvent plus de précision dans les recherches. C'est au fond le remplacement de la méthode objective par la subjective que nous faisons pénétrer jusque dans la chimie.

556. — Tout changement à la fois dans la nature des procédés et dans l'ordre de l'emploi des procédés (deux choses dont l'ensemble constitue la méthode d'exploration), repose d'une part, et fait suite de l'autre, à un changement antécédent, préalable, dans la manière d'envisager les questions scientifiques. Aussi n'est-ce qu'après que l'un de nous eut institué (1) l'étude des principes immédiats comme branche de l'anatomie et leur classification, que nous avons pu nettement formuler le remplacement des procédés chimiques par l'analyse anatomique, qui consiste à séparer et à isoler au lieu de brûler et de détruire. Cette analyse anatomique, du reste, s'était déjà introduite dans les laboratoires, par suite de longs et laborieux essais, mais ne pouvait être décrite systématiquement tant que n'étaient pas coordonnées toutes les parties du corps dont elle fait connaître un ordre entier.

Le point de départ est ici la connaissance anatomique exacte des tissus et des humeurs ; c'est sur elle que repose l'emploi des procédés. C'est par conséquent la méthode subjective substituée à la méthode objective, laquelle part des éléments chimiques, des corps simples, pour arriver à la notion exacte des composés. La dernière cherche à faire connaître aussitôt les éléments de ceux-ci par leur destruction comme espèce, avant d'en étudier les propriétés, tandis que l'autre

(1) Ch. Robin, *loc. cit.*, 1849, préface, p. XXIV à XXXIV, et 1850, 10e tableau.

isole et sépare, pousse la séparation anatomique jusque dans ses derniers retranchements, sans rien détruire que la substance organisée, et non l'espèce qu'il faut connaître.

Ce simple changement dans l'ordre à suivre pour l'emploi des moyens adoptés apporte des changements considérables dans les résultats obtenus, et réagit de la manière la plus avantageuse sur la netteté et la clarté des conceptions scientifiques. Avec la connaissance des principes eux-mêmes qui conduit à les classer, ce changement vient aider à faire savoir que les principes extraits préexistaient bien à l'extraction; qu'ils étaient déjà tout formés dans la substance dont on fait l'analyse. Il vient montrer que ce ne sont pas les procédés qui ont donné lieu à la formation des principes, et qu'on n'a fait que les extraire. Les faits qui prouvent qu'il en est ainsi viennent se joindre à tous ceux que nous avons déjà fait connaître, lesquels font sentir qu'il n'y a rien qui doive étonner de voir extraire des composés cristallisables d'une substance aussi homogène que la matière organisée. Nous avons vu, en effet, que s'il est des principes qui ne peuvent cristalliser (et si c'est là une des conditions d'existence de la matière organisée, ainsi que des phénomènes physiologiques qu'elle manifeste), l'entrée et l'issue de principes cristallins, solubles les uns dans les autres, sont à leur tour les conditions d'existence des principes qui restent. C'est là un fait enseigné par l'expérience et par l'observation qui est nettement déterminé.

557. —Voilà par conséquent quels sont tous les moyens qui nous font connaître les caractères des principes immédiats extraits de l'organisme, et font distinguer les espèces les unes des autres. Comme, pendant qu'on les extrait de l'économie, ils passent de l'état liquide ou demi-solide à l'état cristallin ou solide amorphe, comme ils passent en un mot à l'état inorganique, ils ne présentent naturellement aucun caractère d'ordre organique à étudier, et rien dans toutes les particularités des procédés que nous venons de parcourir ne s'applique à l'étude de cet ordre de caractères.

C'est: 1° l'extraction des principes immédiats faite succes-

sivement dans toutes les parties du corps où ils existent; 2° c'est l'étude de leurs caractères distinctifs comme espèces, à l'aide des moyens précédents, qui nous les font connaître anatomiquement, qui nous en font connaître l'histoire anatomique, savoir : leur situation, leur masse, leur durée, leur état physique, leurs réactions dans le corps, leur mode d'union les uns avec les autres, leur saveur, leur odeur dans les tissus et les humeurs, quand il y a lieu; et enfin comment, par l'ensemble de tous ces caractères, chacun concourt à constituer la matière organisée dans ses divers degrés de simplicité (humeurs) ou de complication (substance des tubes, des fibres, cellules, etc.): ce qui constitue le seul caractère d'ordre organique présenté par les principes immédiats.

Ainsi se trouve complétée l'étude anatomique des principes immédiats qui, avec celle des éléments anatomiques, est la base indispensable de l'étude des humeurs et des tissus, laquelle sert de point d'appui à l'examen des systèmes et des organes; et toutes ces études ne sont elles-mêmes qu'un préliminaire absolument nécessaire à l'étude des appareils et de l'organisme total, seules de toutes les branches de l'anatomie dont la connaissance nous soit directement utile. De même aussi, au point de vue physiologique, l'étude des propriétés vitales, des propriétés de tissu, des usages généraux des systèmes, des usages spéciaux des organes, ne sont que des préliminaires, mais des préliminaires indispensables à la connaissance approfondie des fonctions et des résultats généraux de la vitalité que présente l'organisme, qui sont aussi les seules parties de la physiologie de la connaissance desquelles nous fassions habituellement une application immédiate et directe.

CHAPITRE V.

ÉVOLUTION HISTORIQUE DE L'ÉTUDE DES PRINCIPES IMMÉDIATS.

ARTICLE PREMIER.

NOTIONS GÉNÉRALES RELATIVES A L'HISTOIRE DE LA STŒCHIOLOGIE.

558. — Toutes les fois qu'un certain nombre de faits sur un même sujet sont connus, l'esprit de généralisation intervient, et, réunissant tout ce que ces faits renferment de commun, il établit ce qu'on appelle les lois des phénomènes. Ces lois sont donc des créations de notre esprit, des notions théoriques, des créations subjectives que les faits doivent modifier peu à peu. Ce sont les questions de doctrine basées sur les questions de faits. Ce sont des moyens logiques, des instruments intellectuels que nous instituons pour qu'ils nous servent à interpréter et à relier les observations les unes aux autres : liaison sans laquelle les observations seraient inutiles, mais que nous devons abandonner ou modifier dès que les faits observés montrent que ces notions théoriques ne sont pas aptes à les relier convenablement. Il importe donc de savoir que toute la partie générale d'un ouvrage, c'est-à-dire la partie concernant ce qu'il y a de commun au plus grand nombre des observations, ne doit être considérée que comme un instrument intellectuel pour lier ensemble les faits déjà connus, et comme un guide dans la recherche de ceux qu'il reste à connaître. Les faits, une fois bien observés d'après ces lois, dont la coordination en suivant leur généralité décroissante, constitue la doctrine ou l'esprit du livre, modifient celles-ci plus ou moins dans les détails, selon leur nature. C'est ainsi que les faits nouveaux tendent à rendre la doctrine de plus en plus apte à se mouler sur tous les phénomènes naturels ou artificiellement produits (1).

(1) Ch. Robin, *Rapport à la Société de biologie, sur la question désignée*

C'est l'étude de l'évolution historique de nos connaissances qui nous le montre ; aussi nulle étude des questions de doctrine, théoriques ou générales, comme nulle étude des questions de faits, n'est complète si l'on n'examine comment elle est née.

Les études historiques nous montrent, en effet, que toute notion générale a été plus ou moins de temps une question spéciale, limitée à un fait, puis à deux, etc., jusqu'à ce qu'un esprit observateur et généralisateur soit venu montrer qu'elle peut être séparée des cas particuliers, examinée à part, développée ; qu'elle peut devenir un instrument applicable à tous les cas, analogues, à ceux avec lesquels elle était primitivement confondue. C'est ainsi que, de notion dite concrète, elle devient notion abstraite.

C'est ainsi que les cinq couples de fonctions, en mathématiques, ont été chacun pendant longtemps un cas particulier d'un problème, et peu à peu en ont été séparés pour entrer dans la mathématique abstraite.

On conclut de là que les notions théoriques ou abstraites, c'est-à-dire générales, sont des constructions subjectives résultant de méditations humaines, n'ont rien d'absolu, sont modifiables, et que c'est ainsi qu'elles nous sont utiles. On en conclut que si les notions communes à tous les cas particuliers peuvent être étudiées et développées à part de ceux-ci, elles naissent de l'observation, reposent sur elle, et doivent pouvoir rentrer au sein de la mère dont elles sont sorties. On en conclut qu'elles ne peuvent nullement être considérées comme conçues en dehors de la réalité, pour être appliquées et moulées sur celles-ci ; que ce ne sont pas des conceptions purement imaginaires, surnaturelles, sur lesquelles on doive appliquer la réalité, et la plier de force pour qu'elle s'y adapte mieux. Les conceptions générales, nées de la réalité, la représentent en un tableau qui permet de tout embrasser d'un coup d'œil, et dont les grands traits servent de guide lorsqu'on descend à l'examen de chaque particularité.

sous le nom de Phlébentérisme (*Comptes rendus et mémoires de la Société de biologie*, t. III, 1851, in-8°).

Les études historiques mettent en relief les déviations de ceux qui ont pris les notions générales ou abstraites comme des principes absolus placés au-dessus de la réalité, ou qui ont abusé de la possibilité d'en faire un examen distinct de celui des faits particuliers d'où elles naissent. Elles servent, par conséquent, à faire éviter ces erreurs ; elles guident ainsi dans la pratique journalière, et font rendre justice, même aux erreurs, pourvu qu'elles aient été utiles. Les études historiques, en mettant en relief les faits vrais, restés réels, toujours confirmés, tracent la voie dans laquelle il faut marcher, après avoir montré celle qu'il faut éviter ; elles donnent, par conséquent, une grande assurance à chaque pas que l'on fait dans une voie nouvelle, et font rendre justice aux progrès dus à nos devanciers. Ce ne sont donc pas des études de simple curiosité que celles-là ; elles sont directement utiles ; il faut se garder autant de les considérer comme accessoires que de les considérer comme devant se fondre avec l'étude des faits, avec l'étude de ce qui est, en un mot ; car dès lors naît l'érudition stérile, qui conduit à la confusion la plus déplorable de choses évidemment distinctes.

Comment, en effet, traiter dans un même chapitre *ce qui est* avec *ce qui a été dit ;* vouloir faire connaître ce qui a été dit ou cru, et qui peut fort bien ne pas être, avec ce qui doit être retenu dans un but d'application immédiate à nos besoins ou à des expériences qui doivent y conduire ?

559.—L'étude anatomique des principes immédiats n'ayant jamais été faite, nous ne pouvons que chercher à dégager les racines qu'elle peut avoir dans le passé des faits purement chimiques et physiologiques qui les encombrent.

On peut considérer la stœchiologie comme apparaissant à l'état d'ébauche dès l'époque où la chimie fut assez avancée pour montrer que les corps ne peuvent pas se transformer les uns dans les autres, mais forment des espèces différentes. On fut dès lors conduit à reconnaître dans les êtres vivants des espèces de composés différentes de celles qui existent dans les corps bruts. Dès cette époque, en effet, on pou-

vait comprendre et établir une différence entre l'*activité générale* des corps bruts et la vie ou *activité spéciale* des corps organisés ; on pouvait, dès lors, cesser de confondre en un seul ces deux modes d'activité. On pouvait reconnaître, d'une part, que les corps bruts ou minéraux sont doués de propriétés particulières souvent appelées *forces*, lesquelles, une fois connues, nous rendent compte des actions réciproques de ces composés lorsqu'ils sont mis en présence.

De ces actions, les unes sont mécaniques, les autres physiques, et d'autres sont chimiques ou moléculaires.

On pouvait reconnaître, d'autre part, que des espèces particulières de composés, différentes de celles qui existent dans les corps bruts combinées et mélangées ensemble et avec d'autres d'origine minérale, forment une substance spéciale, la *matière* ou *substance organisée ;* laquelle, outre qu'elle possède des propriétés de même ordre que les corps bruts, est douée encore de propriétés qui n'appartiennent qu'à elle.

Cette distinction ne s'est pourtant établie que peu à peu et ne l'est pas encore dans tous les esprits. Il est possible de s'en rendre raison et il est nécessaire de le faire, comme de tout autre phénomène. On doit le faire, non pas par des motifs de curiosité sans but, mais bien dans celui de sortir plus tôt de cet état d'incertitude et de confusion où l'on se trouve lorsqu'on n'est pas arrivé à reconnaître la différence qui existe entre l'*activité* de la matière brute et la *vie* ou activité spéciale de la matière organisée, laquelle, à son tour, est : 1° *végétative*, c'est-à-dire seulement relative à la nutrition, au développement et à la reproduction ; 2° *animale*, ou relative à la sensibilité et à la contractilité : la première existant seule chez les végétaux, la seconde existant chez les animaux en même temps que l'autre, et reposant sur elle, l'ayant pour condition d'existence. Nos connaissances à l'égard de cette distinction et de cet enchaînement des propriétés de la matière organisée, tant végétale qu'animale, sans laquelle il n'y a pas de physiologie possible, ont marché de front avec nos connaissances anatomiques. En un mot, avec les progrès des notions statiques sur

l'économie, a marché parallèlement notre savoir sur ses actes, sur les faits dynamiques dont elle est le siége.

Cette remarque s'applique à l'histoire de toute l'anatomie : ainsi, il est des auteurs qui disent que nous ne connaissons pas et ne connaîtrons probablement jamais les éléments anatomiques des tissus et des humeurs ; ou bien que nous ne connaissons et ne connaîtrons jamais la nature de la matière animale, savoir ses éléments et leurs proportions. Or, toujours on peut reconnaître qu'ils pensent aussi qu'il n'est pas prouvé que tous les phénomènes que présente un être vivant dépendent uniquement des propriétés de la matière animale. Ils admettent bien que certains de ces phénomènes sont des manifestations de propriétés de la matière animale, mais pas tous ; les autres sont dus à des *entités*, à des *êtres imaginaires* que chacun envisage à sa manière sous les noms d'*âme*, d'*archée*, de *force vitale*, *agent vital*, etc., et qu'il fait opérer différemment des autres, suivant la disposition habituelle de son esprit. Les uns formulent nettement la surnaturalité de cet être imaginaire qu'ils croient réel ; d'autres, sans s'exprimer aussi nettement, raisonnent à peu près de même. Comme chacun envisage à sa manière cette création imaginaire de son esprit, ou de l'esprit d'un autre dont il adopte la marche, mais toujours avec quelques modifications ; comme nul ne sait bien exactement où finit le domaine des connaissances réelles, où commence la domination de cette entité, de cet être surnaturel, mal déterminé et surtout impossible à bien définir, il en résulte une extrême obscurité, même dans les écrits des esprits les plus nets ; ce qui tient à la nature imaginaire de la chose mise à la place de la réalité, encore inconnue. Il en résulte une impossibilité de concilier et de rattacher les unes aux autres les diverses manières de voir, si ce n'est en se plaçant au point de vue élevé de la succession historique des écrits. Il en résulte aussi que des phénomènes analogues sont considérés : ici comme le résultat des propriétés de la matière animale ; là comme dus à l'intervention de ces forces qui, existant hors de la matière,

agissent pourtant en elle ; c'est-à-dire qu'il en résulte des contradictions embarrassantes pour le lecteur lorsqu'il veut entrer dans des détails qui sont inabordables pour tout autre que pour celui qui les a écrits.

En un mot, nous voyons, là comme partout, que lorsqu'il nous manque un certain nombre de notions objectives, expérimentales, sur la nature et les propriétés d'un corps, nous mettons à la place de ces notions une création imaginaire de notre esprit.

Dès qu'il s'agit d'un être imaginaire, la plus rationnelle de ces créations est celle des fétichistes qui regardent tous les corps minéraux et organisés comme vivants, pour lesquels les notions d'activité générale de la matière et de vie ne font qu'un. Puis vient celle des polythéistes pour lesquels la matière minérale et les corps organisés sont régis par des êtres animés, mais qui sont distincts de la matière, ne lui sont plus inhérents, qui par conséquent peuvent être et sont réellement considérés comme n'étant pas les mêmes pour les corps bruts et pour les corps vivants. Puis peu à peu, sur la fin du régime théologique, le nombre de ces êtres va diminuant; ils finissent par être réduits à un petit nombre, variable et recevant des noms divers suivant tel ou tel écrivain : ce sont, pour la matière brute, des *forces attractives*, *répulsives*, des *fluides*, etc. ; pour les corps organisés, l'*âme*, les *archées*, la *vie* ou les *forces vitales*, ces dernières étant quelquefois considérées comme l'*âme* propre à chaque organe. C'est là ce qu'on appelle d'une manière générale des *entités*, quand, au lieu de les considérer (tels sont actuellement les mots *vie* ou *nutrition*, *contractilité*, par exemple, dans les corps organisés) comme des désignations nominales de propriétés de la matière, on les regarde, ainsi que le faisaient les créateurs de ces mots, comme désignant des êtres immatériels inhérents à la matière, quoique distincts d'elle, et quelquefois pouvant s'en séparer : l'*âme*, par exemple. Ces entités, ainsi admises comme des réalités, comme des êtres réels, mais immatériels, sont bientôt devenues, sous l'influence des discussions entre

les nominalistes et les réalistes, de simples désignations nominales, pour ce qui a rapport aux corps bruts du moins; si ce n'est toutefois pour ceux qui admettent encore l'existence réelle des fluides impondérables et intangibles, qui sont autant de dérivations des premières entités.

Ce n'est que bien plus lentement que disparaît l'idée de l'existence réelle de ces êtres ou entités immatérielles dans l'histoire des corps organisés. Quoique déjà Descartes les eût réduites à une seule, l'*âme*, qui même n'avait plus pour siége que la glande pinéale, sa manière de rendre compte des actes de l'organisme était trop mécanique, n'était pas assez en harmonie avec ce qu'on apprit successivement de la constitution de l'organisme : aussi le règne des entités a bientôt reparu. Comme on sait maintenant que les corps organisés sont autre chose que des machines soumises aux seules lois mathématiques de la mécanique ; il en résulte, pour tous ceux qui ne connaissent pas le nombre, la nature moléculaire, simple ou complexe, le mode d'union les uns avec les autres des divers principes immédiats pour former la substance des éléments anatomiques et des humeurs ; il en résulte pour ceux-là, disons-nous, que le mot *vie* exprime encore l'idée d'un être réel, mais immatériel, distinct de la matière organisée et pouvant s'en *échapper*, quoiqu'il ne puisse manifester sa présence sans elle. C'est une entité, et il ne faut pas croire que pour ceux qui disent *force vitale* au lieu de vie, la nature imaginaire de cette création soit changée; il est facile de reconnaître qu'ils ne font qu'employer un mot pour un autre.

560. — Nous sommes maintenant suffisamment fixés, par suite de l'étude des principes immédiats, sur le sens qu'il faut attribuer à ces expressions, pour qu'il nous soit possible de suivre les phases historiques de leurs changements, et de les apprécier pleinement, sans mélanger rien d'imaginaire à nos appréciations.

Nous avons vu en effet comment, par la réunion d'un grand nombre de principes appartenant à trois classes de composés très distincts, est formée la *substance organisée;* et il n'y en

a pas qui soit formée par des principes appartenant à un seul ni à deux groupes ; mais il y en a toujours des trois groupes, même dans l'urine.

Maintenant cette substance, outre qu'elle jouit de l'activité générale propre à tous les corps, jouit d'une activité particulière qui prend le nom de *vie*, ou mieux de *vitalité*. On donne donc le nom de *vitalité* à l'activité spéciale que présente tout *corps* organisé placé dans un milieu convenable. De même que l'activité générale des corps bruts peut présenter un mode mécanique, un mode physique et un mode chimique, l'activité spéciale des corps organisés, ou vitalité, peut présenter plusieurs modes qui portent le nom plus spécial de VIE : ce sont : 1° la vie végétative, ou végétalité, 2° la vie animale, ou animalité, 3° la vie sociale, ou socialité. Chacun de ces modes est caractérisé par un acte au moins, et souvent plusieurs, qui sont appelés *propriétés vitales*. Le mode de la *vie*, appelé *végétalité*, embrasse trois propriétés, qui sont les seules propriétés vitales dont jouissent les végétaux (d'où le nom de ce mode) : ce sont la nutrition, le développement, la reproduction. Sans vie nutritive ou nutrition, pas de développement ; sans développement, pas de reproduction ; la nutrition est donc la propriété sur laquelle reposent toutes les autres. C'est la seule que la substance organisée puisse posséder, à l'exclusion de toute autre, et nulle autre ne peut exister sans elle. Comme, par conséquent, c'est de toutes les propriétés vitales la plus générale, on donne, et nous avons donné avec de Blainville la définition de la nutrition comme synonyme de celle de la vie (p. 84, § 70). Ce que l'on doit entendre par vie se trouve ainsi représenté par ce qu'il y a de plus général dans la matière organisée en action. C'est là tout ce que nous pouvons connaître à cet égard ; toute idée métaphysique sur la recherche de la nature intime, sur les causes premières, ou essence du phénomène, toute idée d'entité se trouve ainsi et doit être tout à fait éloignée.

Sans végétalité, pas d'animalité. L'étude de celle-ci embrasse deux propriétés : la contractilité et la sensibilité. La

substance qui possède ces propriétés les perd (en même temps qu'elle disparaît elle-même par atrophie), si elle n'est soumise à des alternatives d'action et de repos de celles-ci, ou si elle n'est soumise à l'*exercice;* l'exercice amène l'*habitude*, et celle-ci, convenablement dirigée, conduit au *perfectionnement* animal.

Sans animalité, pas de socialité.

Ainsi on peut voir, par ce qui précède, que quoique *vitalité* et *vie* soient synonymes d'une manière générale, le premier de ces termes s'emploie surtout pour indiquer l'existence de tous les modes d'activité de la matière organisée sans désignation spéciale; n'y eût-il que nutrition, comme on le voit, dans les cellules d'épithélium tout à fait développées, il y a *vie*, mais on ne dira pas qu'il y a *vitalité*. Ce dernier terme ne s'emploie que lorsqu'il y a en même temps au moins développement, encore alors vaut-il mieux dire *végétalité;* car vitalité, nous le répétons, s'emploie surtout pour désigner qu'il y a simultanément végétalité et animalité, et encore socialité.

Voilà autant de notions sur lesquelles il fallait être fixé, parce que les anatomistes et physiologistes n'ayant jamais traité séparément des faits statiques et des faits dynamiques relatifs aux êtres organisés, on est forcé souvent de juger ce qu'ils pensent de l'un par ce qu'ils disent de l'autre. Il fallait donc être fixé sur ces notions dynamiques, comme nous le sommes sur les notions statiques de substance organisée. Une substance organisée est : toute matière demi-solide, quelquefois liquide ou solide, provenant d'un corps qui a eu ou a une existence séparée, formée par dissolution et union réciproque et complexe de principes immédiats, toujours d'ordres divers pour la nature élémentaire, la complication et la fixité de leur composition.

On donne le nom d'*organisation* à cet état de dissolution et d'union réciproque et complexe que présentent les matières demi-solides, quelquefois liquides ou solides, formées de principes immédiats d'ordres divers, et provenant d'un être qui a eu ou a une existence séparée. Il suffit de cet état de dissolu-

tion et d'union réciproque et complexe que présentent les principes immédiats, pour qu'on puisse dire qu'il y a organisation. C'est là le degré d'organisation le plus simple, le plus élémentaire ; un tube nerveux, une cellule d'épithélium, pris dans leur ensemble, puis les tissus, etc., présentent un plus haut degré d'organisation, une organisation plus compliquée, il est vrai ; mais l'état précédent est suffisant pour qu'il y ait organisation. Réciproquement, les matières gazeuses ou cristallines qui sortent normalement ou pathologiquement de l'organisme, ne sont pas organisées, parce qu'elles ne sont formées que par des principes immédiats de une ou de deux des trois classes de principes, et ne présentent pas cet état dont nous venons de parler.

Nous ne pouvons pas faire de substance organisée susceptible de vivre : c'est toujours d'un être qui vit ou a vécu, dont elle tire origine ; et cet être, en remontant la série des temps, on ne sait pas d'où il vient, quels sont le mode, la cause, les conditions de sa *formation* première. Par conséquent, ici il faut aller du connu à l'inconnu, et non du simple au composé, de l'objectif au subjectif. De même que, dans l'histoire biotaxique de l'organisme pris comme un tout, il importe de tenir compte des parents dont il provient, parents dont l'origine primitive, initiale, dont la cause première seule nous échappe, et sur laquelle une hypothèse quelconque ne pourra jamais être démontrée ; de même aussi il importe, dans l'histoire anatomique de chacune des parties de l'organisme, de connaître sa parenté, c'est-à-dire de quel être elle vient, et de sa situation dans cet organisme. En anatomie, toujours l'origine de l'objet à décrire est importante à connaître, et ce n'est qu'en chimie qu'il importe peu de savoir celle de l'espèce décrite ; ici les composés peuvent être examinés sans qu'il soit besoin de remonter à leur source, ce qui n'est pas le cas en biologie, où l'on doit au contraire procéder du subjectif à l'objectif. Ce n'est que par suite d'une longue série d'expériences, faites sur des corps ayant eu ou ayant une existence séparée bien démontrée, que lorsque

nous trouvons une matière (organisée) constituée comme nous l'avons dit, ou conservant des vestiges de cette organisation, mais dont la parenté nous est inconnue (fossiles), que nous en concluons à l'existence ou vie séparée de cette substance.

Il fallait être fixé sur ces notions comme nous le sommes sur celle d'*organisme*, qui est : tout corps formé de substance organisée ayant eu ou pouvant avoir une existence séparée.

C'est par métaphore, et parce qu'ils peuvent exister isolément pendant quelques moments, qu'on étend quelquefois l'expression *organisme* à la désignation des cellules d'épithélium, des spermatozoïdes, et de quelques autres éléments anatomiques, qui sont des parties de l'organisme ayant existence distincte, isolée ; parties qui ne peuvent vivre longtemps sans lui, et surtout ne peuvent ni se développer ni se reproduire hors de lui.

Nous verrons, chemin faisant, qu'il était nécessaire, pour ce qui suit, de rappeler ces notions qui sont extraites d'un autre ouvrage de l'un de nous, ainsi que les faits mentionnés dans ce volume-ci, pages 82 à 84 et pages 188 à 195 (1).

561. — Le fait de la constitution de la matière organisée par des corps qui sont, pour la plupart, des composés définis, qui, par conséquent, pris chacun isolément, obéissent en tous points aux lois des combinaisons chimiques, fait sentir de la manière la plus nette la subordination de la biologie envers la chimie ; la nécessité de connaître l'une pour comprendre l'autre dans ce qu'elle a de plus élémentaire. Ce fait permet aussi de comprendre comment ce n'est qu'après que la chimie eut quitté le caractère presque purement technique, qu'elle a conservé jusqu'au siècle dernier, pour se constituer comme science, qu'il fut possible de concevoir l'étude anatomique des principes immédiats. Nous avons déjà fait remarquer que cette conception fut considérablement retardée par la trop grande spécialisation des études. Empêchant aux chimistes d'appro-

(1) Ch. Robin, *Traité des végétaux qui croissent sur l'homme et les animaux vivants*, 2e édition, Paris, 1852, 1 vol. in-8°, *Prolégomènes*, article II, sections I et IV.

fondir suffisamment les études anatomiques et physiologiques, cette spécialisation leur a fait croire que, puisqu'il y a des composés définis dans l'économie, on peut raisonner sur eux quand ils sont encore là, comme s'ils étaient dans la cornue. Les médecins, à leur tour, trop peu au fait des connaissances chimiques, s'en sont laissé imposer et ont pris à la lettre ce qui leur était dit, sans prendre garde qu'à cet égard les chimistes n'ont fait autre chose que dire : « Les phénomènes sont moléculaires, telle théorie chimique peut en rendre compte ; nous ne voyons pas comment les choses pourraient se passer autrement; donc elles se passent ainsi. » Ils cherchent en un mot une hypothèse que l'on ne puisse ni démontrer ni renverser. Cette manière de faire a nui beaucoup. Ce n'est que par de longs essais, par des tâtonnements prolongés qu'on a pu parvenir à isoler des espèces de corps jusqu'alors inconnues (urée, acide urique, sucre de lait), à une époque même où l'on n'était pas encore bien fixé sur la notion d'espèce en chimie.

Mais il n'en est pas moins vrai que si, en se plaçant au point de vue anatomique, on eût cherché à approprier déjà peu à peu la nature des procédés à celle des corps dont il s'agit, et de ceux dont ils faisaient soupçonner l'existence, on serait arrivé bien plutôt à concevoir d'une manière rationnelle l'analyse anatomique d'une part, et de l'autre l'étude anatomique des principes comme distincte de leur étude chimique. Si l'on eût cherché plutôt à transformer la méthode d'analyse par les dissolvants, tracée spontanément par Guyton de Morveau, mais d'une manière trop grossière pour qu'elle donnât de bons résultats, on n'eût pas été forcé d'attendre jusqu'aux travaux de Liebig sur le bouillon de viande, pour voir devenir ordinaires les procédés d'analyse mis en rapport avec la nature des corps à rechercher, et pouvant être modifiés selon la nature de l'espèce qu'on étudie. Ce qui montre bien qu'avec des vues suffisamment générales et pourtant exactes sur la chimie et la biologie, on pouvait éviter, depuis le commencement de ce siècle, les empiétements de la chimie

sur l'anatomie et la physiologie qui avaient été nécessaires pendant un temps, c'est que, dès 1812, M. Chevreul traçait la marche à suivre pour cela (1). Il le faisait pour un certain nombre de principes seulement, il est vrai ; mais il était possible de l'étendre aux autres, si l'on se fût placé à son point de vue. Il faisait sentir, quelque temps après, l'importance qu'il y a d'avoir une idée nette de la notion d'*espèce* en chimie, et de bien séparer l'analyse immédiate de l'analyse élémentaire. De là à instituer l'étude anatomique des principes immédiats, qui vient concourir à donner à la chimie une entière homogénéité par la suppression de la prétendue chimie organique, il n'y avait qu'un pas, qui n'a tant été retardé que par les motifs précédemment indiqués.

ARTICLE II.

ÉTAT DE L'ÉTUDE DES PRINCIPES IMMÉDIATS, DEPUIS L'ÉPOQUE OU, CESSANT DE CROIRE A LA TRANSFORMATION DES CORPS LES UNS DANS LES AUTRES, ON ADMIT PLUSIEURS ÉLÉMENTS OU PRINCIPES FORMANT TOUS LES AUTRES CORPS PAR LEUR RÉUNION.

562.—L'étude des principes immédiats n'existait pas même à l'état d'ébauche, même comme extension des recherches purement chimiques à l'examen de la composition des corps organisés, tant que la chimie conserva le caractère hermétique, c'est-à-dire jusqu'au XVIIe siècle.

Van Helmont, quoique s'attachant plus au raisonnement qu'aux expériences, quoique n'admettant encore qu'un seul principe, l'*eau*, dont tout dérive, fait connaître que les parties solides qu'il appelle des *sels*, empruntées aux végétaux, deviennent volatiles en passant par le sang et sont exhalées. Il fit connaître l'acide carbonique et l'hydrogène carboné des gaz intestinaux, et il démontra leur faculté de brûler ; il obtint du sang une substance alcaline (2). Dans la partie de son livre

(1) CHEVREUL, *Recherches chimiques sur plusieurs corps gras, et particulièrement sur leurs combinaisons avec les alcalis* (*Ann. de chimie*, 1813, t. LXXXVIII, p. 225; 1815, t. XCIV, p. 113 et 225; et t. XCV, p. 5).

(2) J.-B. VAN HELMONT, *Ortus medicinæ*, in-4°, p. 55 à 175 et 106, 405, 421. Amstelodami, 1652.

intitulé : *De lithiasi seu ortu calculi*, le premier il essaye de résoudre l'urine en ses principes. Cependant, déjà, on avait appris qu'elle contenait de l'eau comme toute partie du corps, et cela en cherchant à en tirer des médicaments, but exclusif des hommes qui, ne s'occupant pas exclusivement de la transformation des métaux, examinaient les actes de composition et de décomposition de la matière. Il en obtint de l'alcali volatil.

563. — Nicolas le Fèvre (1) admet que tous les corps organisés sont formés de cinq principes distincts, qui sont : l'eau, l'esprit ou mercure, le soufre ou l'huile, le sel et la terre. Ces deux derniers sont fixes, les autres volatils ; après distillation, l'eau dissout les sels et laisse la terre. Nous retrouverons à diverses reprises des opinions analogues sur ces éléments ou principes ; il semble être le premier qui ait déterminé leur nombre. Il se demande déjà si ces cinq principes sont le produit de la destruction des matières ou s'ils sont réellement des principes de mixtion et de composition. Il admet cette dernière opinion, que nous verrons se transmettre jusqu'à Lavoisier.

564. — Thomas Willis suivit presque en tous points Van Helmont et étudia les sels de l'urine, mais sans détermination précise : il crut que l'*esprit ardent* (alcool) était un des principes de l'urine (2).

Robert Boyle fit, vers la même époque, plusieurs découvertes qu'il importe de noter, parce qu'elles se rapportent, sinon à l'histoire des principes immédiats, du moins aux procédés d'extraction. Il montra que les principes extraits du sang par le feu n'en sont pas les véritables principes, faits sur lesquels nous reviendrons plus loin (3). Le premier, il démontra par hasard que les sucs végétaux qui sont bleus deviennent rouges par les acides et verts par l'action des alca-

(1) NICOLAS LE FÈVRE, *Traité de chymie*, 2 vol. in-8°, Paris, 1660 ; 2e édit., Leyde, 1669, 2 vol. in-12.

(2) THOMAS WILLIS, *De febribus et urinis*, in-8°. Londini, 1662.

(3) B. BOYLE, *Sceptical chymist. Chymista scepticus*. Oxonii, 1661, in-8°.

lis (1). Il chercha toujours à démontrer les inconvénients des abstractions et de la scolastique en toutes ces matières, et il dit que les principes de tout sont la matière avec ses attributs et le mouvement (2). Quoique ces faits ne soient pas en rapport direct avec ceux qu'il publia plus tard et que nous citerons dans l'ordre de leurs dates, ils font déjà pressentir dans quel esprit ils ont été observés.

565. — H. Barbatus démontra le premier que le sang était coagulable par la chaleur, fait peut-être vu avant lui, mais dont il n'est pas tenu compte (3). Néanmoins il ne considère pas encore nettement la matière coagulable comme un principe du sang.

Otto Tachenius dit, mais plutôt théoriquement que par expérience, qu'on peut retirer du corps malade l'acide, qui est le principe de toutes les maladies. Lui seul, dans les temps anciens, s'occupa de la sueur : il dit qu'on y trouve des sels, comme dans l'urine, et y décrit le *sel urineux* ou *microcosmique* (phosphate de soude et d'ammoniaque). Il retirait ces sels de vêtements portés immédiatement sur la peau et lessivés lorsqu'ils étaient imbibés de sueur encore humide (4).

566. — Comiers et Elsholz virent du phosphore dans l'urine, mais seulement comme substance brillante (5).

Kunkel, vers 1678, isola le phosphore, qui déjà avait été vu comme substance rendant brillant pendant la nuit le résidu des traitements alchimiques de l'urine. Il recherchait encore la pierre philosophale ; pourtant il est, comme les autres chercheurs, dirigé par des théories hypothétiques, et il admet trois éléments au lieu de quatre, savoir : la terre,

(1) R. BOYLE, *Experiments touching colours, sive Experimentalis colorum historia inchoata*. Oxoniæ, in-4°, 1663.

(2) R. BOYLE, *Excellentia et principia hypotheseos mechanicæ*. Londini, in-8°, 1664.

(3) HYERONYMUS BARBATUL, *De sanguine ejusque sero*. Francofurti, in-12, 1667.

(4) OTTO TACHENIUS, *Hippocrates chemicus*. Brunsvicæ, in-12, 1668, cap. XIII.

(5) COMIERS et ELSHOLZ, *Dissertationes*, in-4°, 1677.

le sel et le mercure; il n'admet pas que le soufre soit l'un de éléments. Il étudia aussi les sels de l'urine et dit qu'elle en a qui procèdent du salpêtre (1).

R. Boyle observa aussi le phosphore peu après Kunkel, mais sans l'isoler (2).

567. — Les opinions de Lemery ne diffèrent pas de celles de ses prédécesseurs; il est, du reste, plus bref qu'eux encore (3). Dans l'édition de Lemery par Baron, celui-ci fait remarquer que le sel ou alcali volatil, dont le premier dit les parties animales toutes remplies, ne s'y trouve pas tout formé, mais que plusieurs chimistes pensent, avec Stahl, que c'est un produit qui n'existait pas dans les corps, qui en donnent par l'analyse (4).

Il faut citer pour mémoire, et comme n'apportant rien de nouveau, le *Compendium* de Grimm (5).

568. — Jacques le Mort, un des premiers, s'est beaucoup occupé du *sel microcosmique* (phosphate de soude et d'ammoniaque) qui se trouve dans l'urine. Ce sel double, du reste, n'y existe que lorsque, par des procédés trop grossiers, on décompose les principes azotés qui donnent de l'ammoniaque, laquelle s'unit aux phosphates de soude de l'urine (6).

A la même époque, parut le traité de D. Papin, dans lequel il cherche à substituer l'analyse par la vapeur surchauffée à l'aide de son digesteur ou marmite, à l'analyse par distillation à feu nu, seul moyen employé jusqu'alors. Il retira des os la gélatine, la *terre simple*, de l'huile empyreumatique, du *sel volatil alcalin* (carbonate d'ammoniaque) et de l'esprit vo-

(1) Kunkel, *Observationes chimicæ*. Londini, 1678, in-8°. — *De nitro et phosphoro minerali*. Lipsiæ, 1678, in-8°.

(2) R. Boyle, *De noctiluca aurea, sive Experimenta in substantiæ facticæ sponte lucidæ productione*. Londini, 1680, in-8°.

(3) Lemery, *Compendium chimicæ*. Parisiis, 1675, in-8°. — *Cours de chymie*. Paris, 1744, in-4°, p. 178.

(4) *Cours de chimie*, par Lemery, nouvelle édition par Baron. Paris, 1756, in-4°, p. 805.

(5) H.-N. Grimm, *Compendium medico-chymicum*. Bataviæ, 1679, in-8°.

(6) J. le Mort, *Compendium chemiæ*, in-12. Leyde, 1682.

latil, comme du sang. Ce seraient, d'après lui, ces principes qui dans les os unissent la terre simple, *modo glutinis* (1).

569. — Pour Becher, les différentes parties du corps sont aussi formées de terre, d'huile, d'eau et de sel : la semence humaine est surtout huileuse ; celle de la femme surtout aqueuse, etc. (2).

570. — En 1684, Robert Boyle publia celui de ses nombreux travaux dans lequel il étudie le sang comme un liquide quelconque, physiquement, chimiquement, en le mettant au contact des réactifs ; puis, le premier, il se propose d'en extraire les principes ou éléments dans leurs diverses proportions. Il en retire de l'eau, un esprit alcalin différemment mélangé et composé, etc. Il pose en fait que le sang n'est pas formé des principes en lesquels la chimie le résout, car en mêlant ensemble les principes que le feu a séparés de cette humeur, on ne reforme pas du sang (3). On voit qu'à cette époque, et nous verrons encore longtemps, que les chimistes n'ont pas d'autres moyens d'analyse que la distillation par un feu intense, d'où la production constante d'ammoniaque libre et carbonatée, qu'ils considèrent comme des principes ou éléments de la substance organisée.

Il reconnaît que le sel fixe du sang verdit un peu le sirop de violette et précipite en une poussière blanche l'argent dissous dans l'eau-forte, et a un peu le goût de sel marin : il donne des cristaux tétragones. Il retira aussi, du sang, de la *terre* qui fait effervescence avec les acides.

571. — Bohn nous paraît être le premier qui ait signalé dans l'urine un sel *semblable au sel marin* (4). C'est, après l'eau, le premier principe immédiat que nous voyons retirer du corps tel qu'il y existe réellement. Bohn a fait aussi des

(1) DENIS PAPIN, *Manière d'amollir les os*. Paris, 1682, in-12.

(2) JOHANN JOACHIM BECHER, *Chymischer Glucks-hafen, oder gross chymische Concordantz*. Francofurti, in-4°, 1682. Celle que nous avons consultée est la *Neue Ausgabe*, Leipzig, 1755, in-4°, f. 33, etc.

(3) ROBERT BOYLE, *Apparatus ad historiam naturalem sanguinis humani, ac præcipue spiritus ejus*. Londini, 1684, in-8°.

(4) BOHN, *Dissertatio chimico-physica*. Leipsig, in-4°, 1685.

expériences sur la bile, mais sans en déterminer les principes.

572. — Les travaux de Vieussens (1) eurent beaucoup de retentissement. Il établit les proportions existant entre *l'eau*, *l'esprit du sang*, *l'huile*, *le sel volatil*, *le sel fixe*, qui sont les principes qu'il admet dans le sang. Il considère comme un des éléments du sang la partie acide qu'on obtient, et qui, par la plupart des chimistes, était considérée comme venant du sel marin. De là, beaucoup de dissertations pour et contre qui parurent à cette époque et plus tard, mais qu'il serait inutile de mentionner. Il suffit, en effet, de tenir compte des auteurs qui ont écrit des ouvrages un peu étendus et qui joignirent à leurs recherches quelques notions générales. Quant au nombre infini de petits travaux spéciaux publiés alors presque en aussi grand nombre que présentement, comme la plupart ne portent que sur des particularités presque insignifiantes et actuellement inutiles à connaître, nous ne nous y arrêterons pas.

Vieussens examine la plupart des liqueurs du corps humain ; mais comme il opère toujours par distillation, il extrait partout les mêmes principes qu'on retire du sang. On peut voir, dans toutes les dissertations que Haller cite dans sa physiologie, et que mentionnent aussi ou résument les travaux généraux notés ci-après, que ce sont également ces mêmes principes que retrouvent dans tous les solides les chimistes de cette époque. La distillation à feu nu étant un procédé qui n'est, en aucune façon, en rapport avec la nature et le nombre des corps qu'il s'agit d'extraire, ils ne pouvaient pas obtenir autre chose que quelques sels d'origine minérale, d'une part, et, de l'autre, les produits de décomposition des principes de la deuxième et de la troisième classe.

573. — Schowitz décrivit dans l'urine le *sel neutre*, qui est un mélange de sel marin et de sel terreux de l'urine (2).

(1) RAYMOND VIEUSSENS, *Dissertation touchant l'extraction du sel acide du sang*. Montpellier, 1698, in-8°. — *Lettre à l'Académie de Leipzig*, 1698 et 1704, in-4°; et surtout *Traité des liqueurs du corps humain*, Toulouse, 1715, in-4°.

(2) SCHOWITZ, *Dissertatio, præside Hoffmann*, 1699, p. 18.

L. Bellini (1) s'est surtout occupé de la quantité relative d'eau de l'urine, et attribue à ses simples variations les changements que présente l'urine dans la fièvre. Il ne s'occupe, du reste, pas de son analyse proprement dite.

Dippel dit avoir découvert un acide dans toutes les parties du corps des animaux, dans le pancréas et les autres glandes, surtout, et il l'obtient par simple distillation (2). Après lui, Homberg dit l'avoir trouvé dans le sang, le lait, la sueur, l'urine, les excréments (3).

Sur 14 livres de sang, Homberg trouva 12 livres d'eau (4); il en retira, de plus, de l'esprit de sang, du sel volatil (que déjà R. Boyle avait vu en 1661), de l'huile; il en retira aussi l'acide obtenu par Vieussens, mais que Haller considère comme n'appartenant pas plus au sang traité par le feu que l'acide qui se forme dans la pâte pourrie n'appartient à la pâte fraîche (5).

574. — Stahl admet que le sel volatil retiré des animaux n'existe pas tout formé et se forme pendant l'extraction. Outre le sel volatil, ils renferment de la terre et de l'huile et des sels cristallins (6). On sait, du reste, combien il repousse, dans l'étude de la médecine, l'emploi de la physique et de la chimie. Ce fut lui qui, aux principes admis jusqu'alors comme éléments de tous les corps, le soufre, le mercure, l'eau, l'huile, la terre et les sels, ajouta le *phlogistique*, ou *principe du feu*, *principe inflammable*, qui est le feu fixé dans les corps à l'état ordinaire, et constitue la flamme quand il se dégage.

575. — Barchusen dit : « Per principium intelligimus materiam aliquam simplicem exilissimam, per se sine alicujus additione in aliam formam transmutari nesciam. » Il admet deux principes actifs, *sal* et *oleum*. « *Aquam* appello neutrum

(1) L. Bellini, *Opera omnia : De pulsibus et urinis*. Venetiæ, 1708, in-4°.

(2) Dippel, sous le pseudonyme de Christian Démocrite, qui était son nom de baptême : *De vita et medicina animali*. Leyde, 1711, 1 vol. in-8°.

(3) Homberg, *Mém. de l'Académie royale des sciences de Paris*, 1712.

(4) Homberg, *Mém. de l'Acad. des sciences de Paris*, 1712, p. 13.

(5) Haller, *Elementa physiologiæ*. Lausanne, 1760, in-4°, t. II, p. 47.

(6) Georgii Ernesti Stahlii, *Opusculum chimico-physico-medicum*. Halæ Magdeburgicæ, 1715, in-4°, §§ 10, 27, 36, etc.

principium, eo quod hæc in corporibus quibusdam solvendis active agat; passive autem se habet eadem, quum illa cæterorum partes in se susceperit. *Terra* vero quartum nostrum elementum. Hæc quatuor principia non sunt res simplicissimæ proinde in potestate nostra non esse, arbitror, ut inveniatur elementum quodpiam simplicissimum, quod peregrinis heterogeneisve omnino careat particulis. » (P. 8.)

Ces quatre principes se trouvent dans toutes les parties animales, soit les solides, soit les liquides, soit celles intermédiaires. La terre domine dans les os : il en extrayait la gélatine avec les acides. Il y a moins de sel, mais plus d'huile et d'eau dans les autres parties (p. 406). Il a trouvé dans l'urine un sel qu'il dit ne pas être du sel marin pur, mais ce sel ayant subi quelque transformation qui le rapproche du nitre ; le reste est de l'eau, de l'huile et de la terre. Les diverses humeurs et solides diffèrent non par la nature, mais par la proportion de ces éléments :

« Plerique corporis animalis humores, et partes solidæ sale *enixo*, vel *alkali;* lac autem et succus pancreaticus acido prædita sunt. Acidum hocce oppido cæteris principiis immixtum est, et nequit per distillationem, sed per aerem calidum in apricum proferri.

» Quamdiu lac integrum est, tamdiu hoc nobis dulce habetur; interveniente aere calido, illico et coagulum et firmum est. Verum si quis lac recens vasi largo infusum supra moderatum ignem posuerit, ita ut leviter modo bulliat, dehinc cremorem vel pelliculam in superficie hærentem sensim spuma detraxerit, ac laborem continuarit, donec nullam pelliculam amplius conspexerit, lac tandem crassescet instar pultis quam, cum, ne in fine aduras, sed vel in sole, vel in loco calido ponas, ut exsiccetur : sicque habebis, ni fallor, quod *Lud. Testi saccharum lactis* vocat (1). »

576. — En 1720, Heusing (2) retira du cerveau une cendre

(1) J.-C. Barchusen, *Elementa chemiæ*. Lugduni Batavorum, in-4°, 1718, p. 6 et suiv.

(2) Heusing, *Acta lit. suecicæ*, in-4°, 1720, p. 116.

noire prenant feu à l'air et scintillant par la combustion, et une huile jaune butyreuse, et une autre noirâtre, et du sel fixe blanc.

Le travail de J.-H. Cohausen sur le phosphore qu'on retire de l'urine n'est guère qu'une compilation de ce qui a été fait avant lui (1).

577. — Pour Juncker, la matière animale est ainsi constituée (2) :

« α. Compositionem omnium maxime laxam, dissolubilem et veloci putredini idoneam; quæ in prima ætate mollior, in adultis firmior, semper tamen et quotidie, dum vita manet, ex parte dissolvitur, et cito reparatur.

» β. Magnam copiam tum aquæ, tum oleosæ pinguedinis, omnium subtilissimæ.

» γ. Terram subtili pinguedine penetratam, igni resistentem et calcariam quemadmodum inter alia constat.

» δ. Nullam salsedinem, præterquam in chylo et lacte, quæ vegetabilis acidi reliquias complectuntur, nec non in excrementis tum alvinis, tum sero hujusque partibus, bile, urina.

» ε. Variam itidem proportionem hujus mixtionis ex aqua, oleo, et terra pro diversitate partium, e. g. ossium, cornuum, ungulorum, ligamentorum, tendinum, cervicis, pinguedinis, sanguinis. »

Il admet que les principes formant la substance des corps des trois règnes sont les mêmes, savoir : l'huile, les sels, l'eau et la terre. Ils contiennent aussi de l'acide universel, mais modifié. L'acide universel est un sel corrosif fluide, composé d'eau et de terre minérale vitrifiable. On le nomme aussi *acide vitriolique*, *sulfureux* ou *alumineux*.

(1) J.-H. COHAUSEN, *Novo lumine phosphori accenso*. Amstelodami, 1717, in-8°.

(2) J. JUNCKER, *Conspectus chemiætheoretico-practicæ in forma tabularum repræsentatus*. Halæ Magdeburgicæ, in-4°, 1730, p. 110. Voyez aussi la traduction française de cet ouvrage, par Demachy, sous le titre d'*Éléments de chimie suivant les principes de Becher et de Stahl*. Paris, 1757, 6 vol. in-12, t. I, p. 146, 204, etc.; t. V, p. 63 et 270.

578.— Geoffroi retira 95 parties d'eau ou phlegme (eau insipide des muscles) sur 128, et 26 de fibre sèche. Il y trouva de plus du sel volatil et du sel marin, et du charbon (1).

Verreyhen (2) essaya d'analyser la bile, mais n'y trouva que de l'eau, une matière qui brûle comme la corne, du charbon qui contient de l'*alcali fixe* (soude et carbonate de soude).

579. — Boerhaave (3) reproche aux chimistes d'avoir cru que les parties solides du corps sont formées uniquement des *principes chimiques* (voyez ci-dessus Becher et Barchusen), tandis qu'il les trouve uniquement formées de terre et d'eau, sans mélange de principes; mais c'est la moelle et les humeurs animales qui imbibent les os, par exemple, qui fournissent les *principes chimiques* qu'on obtient.

Les observations de Langrish, qui a étudié pour toutes les parties solides et liquides du corps sain et malade leur poids spécifique, leur cohésion et les éléments qui les constituent chimiquement, méritent d'être mentionnées en raison du nombre des recherches; mais ce sont toujours les mêmes moyens qui sont employés et les mêmes résultats qui sont obtenus. L'eau et les sels terreux sont les seuls principes obtenus qui ne sont pas des produits de décomposition (4).

580. — On trouve dans Senac (5) l'exposé de la manière de voir des auteurs qui lui sont antérieurs, et pendant longtemps les opinions de ses successeurs diffèrent peu des siennes.

« Quelques chimistes, dit-il, comptent cinq principes qui, par leur mélange, forment les minéraux, végétaux et animaux ; ce sont : le mercure, le soulphre, le sel, le phlegme

(1) Geoffroi, *Mém. de l'Acad. des sciences de Paris*, in-4°, 1730, p. 230.

(2) Verrheyen, *Supplementum anatom. tractatus*, t. I, cap. xix. Amstelodami et Lipsiæ, 1731, in-8°.

(3) H. Boerhaave, *Elementa chemiæ*. Leydæ, 1732, 2 vol. in-4°.

(4) D. Browne Langrish, *Modern practice*. Londini, in-8°, 1732.

(5) Senac, *Nouveau cours de chymie suivant les principes de Newton et de Stahl, avec un discours historique sur l'origine et les progrès de la chimie*. Paris, 1737, in-12.

et la terre. Les trois premiers sont les PRINCIPES *actifs;* les deux derniers, les PRINCIPES *passifs.* » (P. 9.)

D'après Becher et lui, les *principes primitifs* sont l'eau, la terre et le feu; les *principes secondaires*, qui sont formés par leur mélange, sont les sels et les soulphres. La terre forme les métaux et minéraux; les végétaux et animaux ont de plus l'eau pour principe primitif. Un des principes secondaires des végétaux et animaux, c'est la matière grasse; celle des animaux est plus crasse et épaisse que celle des plantes.

« On ne voit dans l'univers qu'une circulation de matière: la même substance qui forme les plantes passe dans les animaux, pour rentrer ensuite dans les végétaux. La nature répare ses pertes par ses pertes même; les corps doivent leur origine les uns à la destruction des autres; le mouvement détruit les parties solides, change et dissipe les parties fluides, donne aux corps diverses formes suivant leurs mélanges, leur densité, leur consistance. » (P. 485, 2e partie.)

Il ne pense pas, avec Van Helmont, que l'estomac renferme réellement un menstrue qui soit dissolvant universel. Le sang est formé par un sel embarrasé d'huile; et « la liqueur des veines lactées est entièrement semblable aux émulsions. » (P. 486.)

Le lait contient un principe solide que les acides séparent de l'eau, du *sel fixe* et de la matière grasse. L'urine est un fluide composé d'une liqueur aqueuse, d'une matière grasse jaunâtre, et d'un sel « qui approche du sel ammoniac. » (P. 492, 2e partie.) La sérosité du sang se coagule par la chaleur, par l'esprit-de-vin, en une masse blanche membraneuse, qui se conserve des années. Elle contient, de plus, du sel marin, de l'eau ou phlegme, mais ni sel volatil, ni esprit ardent; car l'acide trouvé par M. Vieussens n'était que celui qui se sépare du bol après distillation, et, se portant sur le sel marin, il chasse l'acide qui est propre à celui-ci (p. 523). Les parties solides des animaux contiennent de l'eau, de la gelée, de la terre absorbante (os), du sel volatil et de l'huile.

581. — Le travail de Hellot sur l'analyse de l'urine et la

manière d'extraire le phosphore, ainsi que nombre de dissertations touchant le même sujet, qui se multiplièrent considérablement après Kunkel, ne présente rien de particulier à noter (1).

582. — Schwencke chercha s'il y avait accroissement des sels et du soufre dans le sang pendant les fièvres. Ces observations sont mêlées d'une grande quantité d'autres recherches physiologiques et chimiques; mais elles ne doivent être, pour la plupart, notées que pour mémoire (2).

Les recherches du comte de la Garaye méritent d'être spécialement indiquées. Il chercha le moyen d'extraire les sels des tissus animaux et végétaux, en se bornant à la trituration des substances, puis ensuite à la lixiviation. Malheureusement les espèces de sels n'étant pas bien déterminées, ni séparables encore, leurs caractères et leur nature élémentaire n'étant pas encore suffisamment étudiés pour cela, il n'arrive pas à des résultats plus certains que ses prédécesseurs (3).

La chimie médicale de Malouin (4) contient l'exposé des connaissances chimiques de l'époque applicables à la médecine, mais ne renferme rien de nouveau; le sucre de lait, la partie caséeuse, la crème et le sérum, sont pour lui autant de principes du lait, et ainsi des autres parties de l'organisme.

La dissertation de Schlosser sur le sel microcosmique ne présente rien de plus que les ouvrages du temps, ou du moins les faits nouveaux à cette époque tiennent toujours de quelques particularités dans les procédés qui modifient un peu la nature ou la quantité des produits de décomposition (5).

(1) HELLOT, *Analysis urinæ et de phosphoro Kunkelii*, in-8°, 1737.

(2) TH. SCHWENCKE, *Hæmatologia*. Hayæ, 1743, in-8°.

(3) Le comte DE LA GARAYE, *Chymie hydraulique pour extraire les sels des végétaux, animaux et minéraux*. Paris, 1745, in-12.

(4) MALOUIN, *Chimie médicale*, 2 vol. in-12. Paris, 1750, t. I. p. 90.

(5) SCHLOSSER, *Dissertatio de sale urinæ*. Lavanii, in-8°, 1753.

583. — Macquer (1) dit : « L'analyse et la décomposition des corps sont bornées ; nous ne pouvons les pousser que jusqu'à un certain point, au delà duquel tous nos efforts sont inutiles. De quelque manière que nous nous y prenions, nous sommes toujours arrêtés par des substances que nous trouvons inaltérables, que nous ne pouvons plus décomposer, et qui nous servent comme de barrières au delà desquelles nous ne pouvons plus aller.

» C'est à ces substances que nous devons donner le nom de principes ou d'éléments, au moins le sont-elles véritablement par rapport à nous : tels sont principalement la terre et l'eau, l'air et le feu. Car, quoiqu'il y ait lieu de croire que ces substances ne sont pas effectivement les parties primordiales de la matière et les éléments les plus simples, comme l'expérience nous a appris qu'il nous est impossible de reconnaître par nos sens quels sont les principes dont elles sont elles-mêmes composées, je crois qu'il est plus raisonnable de nous en tenir là, et de les considérer comme des corps simples, homogènes et principes des autres, que de nous fatiguer à deviner de quelles parties ou éléments elles peuvent être composées, n'ayant aucun moyen de nous assurer si nous avons rencontré juste ou si nos idées ne sont que des chimères. Nous regarderons donc ces quatre substances comme principes ou éléments de tous les différents composés que nous offre la nature, parce que, effectivement, de toutes celles que nous connaissons, ce sont les plus simples, et que le résultat de toutes nos analyses et de nos expériences sur les autres corps est de nous faire apercevoir qu'ils se réduisent enfin à ces parties primitives. »

Il faut distinguer le phlogistique du feu. Le premier est l'élément du feu combiné avec quelque autre substance qui lui sert de base pour former une espèce de principe secondaire, le feu. Le phlogistique n'a pas encore pu être obtenu pur, séparé de toute autre substance.

(1) Macquer, *Éléments de chymie théorique*, nouvelle édition. Paris, 1756, in-12, t. I, p. 1 à 19.

Les principes secondaires proprement dits sont les matières salines et huileuses.

Les matières animales, chairs et autres, sont formées de phlegme (c'est-à-dire de l'eau ou liqueur aqueuse des parties organisées), d'huile, du principe salin, soit sel fixe, soit sel marin.

Il n'y a que la matière animale des fourmis qui donne de l'acide bien formé. Par la distillation, elles donnent de l'alcali volatil.

584. — Pott admet la présence d'un acide dans toutes les parties du corps, mais il ne l'obtient que par distillation, et croit ce moyen si parfait pour l'obtenir, qu'il insiste sur ce qu'il n'est pas difficile à extraire, qu'il n'est pas besoin d'employer quelque dissolvant que ce soit pour cela. Il le dit différent de celui qu'on peut obtenir du sel marin de l'urine, ou acide marin ou esprit de sel (1). Il décrit aussi les sels microcosmique et cubique (chlorure de sodium) de l'urine.

585. — Schaw (2) admet pour principes l'eau, la terre, le sel, le soufre, le mercure; on y pourrait ajouter l'air, si l'on pouvait le fixer, de manière à le rendre plus corporel, plus palpable, ainsi que le feu.

« Nous observerons, dit-il, que parmi les chymistes modernes les plus sçavants et les plus intelligents, on n'entend point par principes les particules primitives de la matière dont les mathématiciens et les mechaniciens supposent qu'ils sont formés. Ces particules ne sauroient être aperçues par nos sens, aidés des instruments même les plus fins et les plus délicats. Nous laisserons donc à ces philosophes les sublimes recherches des corpuscules ou des atomes primordiaux, dont leur imagination a formé non seulement différents corps, mais plusieurs univers. La chymie, plus simple, se contente des principes grossiers que nos sens peuvent appercevoir, et

(1) Pott, *Dissertations chymiques*, traduites du latin et de l'allemand, par de Machy. Paris, 1759, 4 vol. in-12, vol. II, p. 469 à 489, et t. III, p. 4.

(2) Schaw, *Leçons de chymie*, traduction française. Paris, 1759, in-4°, p. 152 et suiv.

dont nous voyons les effets par le moyen des instruments ordinaires. Ces principes, quoique grossiers, sont suffisants de toute manière pour répondre aux vues de la chymie, qui consiste totalement en expériences, en explications de faits et opérations sensibles. Il est bon d'observer même à ce sujet que de tous les arts la chymie est le plus convenable aux sçavants, parce qu'il n'exige d'eux que l'usage des facultés dont ils sont tous évidemment pourvus. Mais lorsqu'on abandonne une fois le témoignage des sens pour introduire à sa place des spéculations et des idées métaphysiques, c'est alors que la chymie n'est plus qu'un composé d'hypothèses et d'illusions. Pour rectifier ces erreurs, la règle doit être de s'en tenir au témoignage des sens, aux lois de l'induction, et à l'usage des principes matériels et sensibles. »

Comme les autres chimistes, il décrit d'abord les éléments ci-dessus, puis les corps formés par leur union, ou que, extraits des différents règnes, il croit formés par cette réunion.

Il montre ensuite que toutes les matières animales peuvent être réduites aux quatre principes chimiques : eau, huile, sel et terre. La principale différence entre toutes les substances solides ou liquides des animaux est seulement que ces substances contiennent respectivement plus ou moins de terre, d'eau, de sel ou d'huile. Les végétaux donnent de l'alcali fixe (potasse et son carbonate) par distillation, et les animaux point de ce sel, mais beaucoup d'alcali volatil.

586. — Cadet l'aîné a montré que la bile était un vrai savon composé de graisse animale ou résineuse, et de la base alcaline du sel marin (soude), de sel marin lui-même, et d'un sel de la nature du sucre de lait, plus de la terre calcaire (1). C'est aussi l'opinion de Buquet, qui regarde la digestion

(1) CADET l'aîné, *Expériences sur la bile des hommes et des animaux*, (*Mém. de l'Acad. des sciences de Paris*, 1767, p. 471, et 1769, p. 66).—Note dans Spielmann, *Instituts de chymie*, traduction de Cadet le jeune. Paris, 1770, in-12, t. I, p. 475.

comme une digestion chimique, et le chyle comme analogue au lait d'amande (1).

Spielmann (2) ne connaît pas d'autre procédé d'analyse que la distillation par le feu (et cela faute de connaître les éléments et de mettre les procédés en rapport avec leur nature), et l'extraction de la gelée par ébullition ou le procédé de Papin. Il considère cette gelée comme le principe essentiel des parties animales, et l'on en trouve jusque dans le sang.

587. — Baumé, en 1763 (3) et 1773 (4), admet quatre éléments ou principes : le feu pur, l'air, l'eau et la terre ; il les décrit, puis ensuite traite de leurs combinaisons. La terre et le feu, en se combinant, forment le phlogistique, qui à la vérité ne peut pas être formé par la réunion directe de ces éléments, mais est un produit de la destruction des corps organisés. Il est même à présumer que sans eux ce principe n'existerait pas. Il est sec, privé d'eau et d'air ; combiné à l'eau et à l'air, il forme l'huile (p. 155). Il est le principe des odeurs, des couleurs et de l'opacité des corps.

La substance des végétaux a pour propriétés connues de pouvoir brûler. Ils contiennent du phlegme (eau), de l'huile, des sels et de la terre, surtout les os.

588. — Les recherches de Rouelle le cadet, commencées en 1771, sur le sang, le lait, l'urine, etc., indiquent des progrès dans l'étude des *espèces* de principes immédiats et dans la manière d'appliquer les procédés destinés à les extraire. Il extrait du sang le sel marin et l'alcali minéral libre (carbonate de soude) ; il extrait de l'urine plusieurs des sels qui s'y trouvent réellement, si ce n'est, toutefois, qu'il décompose encore l'urée, etc. : d'où l'indication qu'il donne de la présence du phosphate de

(1) Bucquet, *Thèse sur la bile et la digestion*, thèses de la Faculté de Paris, 1769.

(2) Spielmann, *Instituts de chymie*, trad. du latin par Cadet le jeune. Paris, 1770, 2 vol. in-12, t. I, p. 228.

(3) Baumé, *Manuel de chymie*. Paris, 1763, in-12, p. 426 et suiv.

(4) Baumé, *Chimie expérimentale et raisonnée*, 3 vol. in-8°. Paris, 1773, t. I, p. 39 à 101.

soude et d'ammoniaque. Déjà il emploie la simple évaporation remplaçant la distillation ; puis il traite le résidu par divers dissolvants, ce qui est l'origine des procédés plus perfectionnés employés actuellement. Parmi les menstrues qu'il emploie, se trouve l'alcool ; il considère, le premier peut-être, *la matière extractive*, insoluble dans l'alcool, soluble dans l'eau, comme un des principes de l'urine (1).

Appliquant les mêmes procédés à l'étude du lait, Rouelle en extrait le chlorure de potassium (sel fébrifuge de Sylvius), pas de sel marin, un extrait, et du sucre de lait, qu'il compare au sucre candi. Dans l'urine d'homme, il ne trouve pas d'alcali fixe végétal (carbonate de potasse), mais il en indique dans celle de vache, où Lemery l'avait déjà vu, et dans celle de cheval ; celle-ci contient, en outre, un sédiment terreux.

L'urine d'homme contient beaucoup d'extractif.

Dans ses analyses comparatives du sang d'homme, de veau, de bœuf, cheval, mouton, porc, âne et chèvre, il indique partout la présence du *natrum* ou *alcali minéral* (soude et son carbonate), avec absence d'*alcali fixe végétal* (potasse et son carbonate). Il montre que la quantité des sels du sang varie suivant qu'il s'agit de telle ou telle espèce d'animaux.

Il montre que l'urine de chameau verdit le sirop de violette, qu'elle renferme du *tartre vitriolé* (sulfate de potasse), du sel fébrifuge de Sylvius (chlorure de potassium), de l'alcali

(1) ROUELLE, *Sur le sel qu'on trouve dans le sang de l'homme et des animaux, ainsi que dans l'eau des hydropiques.* (*Journal de médecine de Vandermonde*, Paris, 1773, t. XL, in-12, p. 68.)

ROUELLE, *Observations sur l'urine humaine et sur celle de vache et de cheval, comparées ensemble.* (*Journal de médecine de Vandermonde*, Paris, 1773, t. XL, in-12, p. 451.)

ROUELLE, *Tableaux de l'analyse chimique*, contenant l'analyse de trois règnes. Paris, in-8°, 1774.

ROUELLE, *Observations de chymie relatives à l'analyse animale.* (*Journal de médecine de Vandermonde*, 1776, t. XLVI, in-12, p. 65.)

ROUELLE, *Observations sur l'urine de chameau, fraîche et putréfiée.* (*Journal de médecine, chirurgie et pharmacie de Vandermonde*, Paris, 1777, t. I, in-12, p. 264.)

fixe végétal (potasse et son carbonate), semblable au sel de tartre et très abondant. Il montre, de plus, que cette urine ne contient pas de sel ammoniac, contrairement à ce qui est avancé par beaucoup d'auteurs.

589. — Hunter, dit en parlant de la matière animale et de la végétale, que, « si ces deux matières ne retournaient pas à la matière commune par leur décomposition, on n'aurait jamais pu soupçonner qu'elles sont primitivement composées des mêmes matériaux. Ces matériaux sont fournis par les matériaux du globe. Les végétaux seuls paraissent avoir la faculté de convertir immédiatement la matière commune en leur propre substance. Il est probable que les animaux n'ont point cette faculté. Aussi sont-ils plus éloignés de la matière commune. Il résulte de là que les végétaux semblent être le degré intermédiaire entre la matière commune et la matière animale. Mais ces végétaux peuvent convertir en leur propre substance la matière animale. »

La matière animale distillée donne de l'alcali volatil, de l'huile empyreumatique, de la terre calcaire et une petite quantité de fer, qui ne paraît pas être partie constituante de la masse entière des corps, car on ne la trouve que dans le sang.

Hunter ne pense pas que le sucre de lait, celui des végétaux, les gommes, etc., soient le résultat d'opérations chimiques. Ce sont les résultats des actions naturelles des végétaux qui n'ont rien de commun avec la chimie. Aucun chimiste ne peut obtenir de sucre de la terre: c'est ce que fait un végétal. La seule substance qui, bien que produite dans un animal, ne puisse être appelée matière animale, c'est la substance terreuse des os et de quelques parties morbides. Il paraît aussi que dans certaines sections des animaux, les matières produites n'ont pas les propriétés originelles de la matière animale. Tels sont le sucre de lait et le principe amer de la bile, qu'on ne trouve dans aucun autre solide ou liquide naturel. La transformation des substances minérales en végétales, de celles-ci en animales, est le résultat des actions de

l'animal et du végétal. La matière animale et la végétale ont une forme surajoutée à celles qu'a la matière commune; d'où naissent pour elles des propriétés nouvelles. La digestion même n'est pas une opération chimique. Le principe vital n'a rien de commun avec la mécanique, la physique, etc. La cause de tous les phénomènes des corps animés, c'est le principe vital (1).

590. — Sage, en 1773, dans ses *Mémoires de chimie*, considère les substances animales comme composées d'eau, d'huile, de sel ammoniac animal, de terre absorbante et d'un peu de terre martiale. Le sel ammoniac animal est composé d'acide phosphorique et d'alcali volatil (2).

591. — Schèele suit la même marche que Rouelle, mais il perfectionne notablement l'emploi des dissolvants et des réactifs, donnant des précipités par double décomposition, sans destruction des espèces de principes. Il ajoute ainsi à la connaissance du sucre de lait, découvert depuis longtemps, plusieurs autres principes de la deuxième classe. C'est ainsi qu'il fait connaître l'acide urique dans l'urine et les calculs, en 1775 et 1776 (3), puis l'acide *benzoïque* dans l'urine d'enfant. L'acide urique fut peu après étudié aussi par Bergmann, qui l'étudia en analysant les calculs urinaires, et suivit ou même développa les procédés employés par Schèele (4).

592. — Guyton de Morveau considère (5) comme une des parties constituantes du corps la matière gélatineuse des tissus animaux; elle ne s'échappe que lorsqu'on chauffe à une température plus élevée que celle nécessaire pour chasser le

(1) John Hunter, *Leçons de chirurgie*, 1773. Dans *OEuvres complètes*, trad. par Richelot. Paris, 1843, t. I, in-8°, p. 243 à 253.

(2) Sage, *Mémoires de chimie*. Paris, in-8°, 1773.

(3) Schèele, *Mémoires de l'Académie royale des sciences de Suède*, 1775, 1776, t. XXXVI, p. 327.

(4) Bergmann, *Acta Academ. reg. Succicæ*, anno 1776, in-4°, p. 333.

(5) Guyton de Morveau, *Eléments de chimie théorique et pratique pour les cours publics de l'Académie de Dijon*. A Dijon, 1777, 3 vol. in-12, sans nom d'auteur, si ce n'est à la fin de la dédicace, signée par Maret, Durande et Guyton de Morveau, qui sont les trois commissaires chargés de la rédaction de cet ouvrage, lequel est tout écrit par le dernier.

phlegme. Il chercha à introduire l'emploi des dissolvants dans l'analyse de la matière animale, mais il manquait de ceux-ci même, et ne fait guère que traiter ces matières successivement par tous les acides connus, l'alcool, l'éther, les huiles essentielles ou non ; mais le tout sans direction sur la température où il faut évaporer, et le point jusqu'auquel il faut pousser cette opération. Son chapitre sur les éléments primitifs et les composés successifs qu'ils forment, et sur la manière de les étudier, est des plus philosophiques.

593. — Il faut signaler aussi les recherches de Lavoisier, faites en 1777, où il montre que la respiration n'agit que sur l'air vital, que l'azote resté intact est rejeté tout entier, et qu'il se forme de l'eau et de l'air fixe (acide carbonique). Il croit encore que l'air vital se décompose et il attribue la production de chaleur à cette décomposition (1).

594. — Pour Macquer (2), le beurre et la graisse proprement dite sont des matières fort éloignées des substances vraiment animales ; l'huile, qui est un principe de ces dernières, ne doit pas, selon lui, être confondue avec les graisses.

Quoique sachant déjà depuis les expériences de de Machy (3), que l'esprit-de-vin enlève à la graisse rance l'acide qui s'y est formé, on ne connaissait encore d'autre mode d'analyse anatomique que la distillation et le traitement par les acides puissants. Aussi la graisse est formée de phlegme ou flegme, d'huile atténuée et d'acide (l'*acide sébique*), très intimement combinés ensemble, et qui ne se séparent que par distillation.

Quant à l'huile, qui est un principe, il dit ce qui suit : « La substance qui forme presque entièrement toutes les parties des animaux, chairs, tendons, nerfs, os, cartilages, etc., est une *gelée* soluble dans l'eau distillée; celle-ci donne de l'huile.

(1) Lavoisier, *Mémoires de l'Académie des sciences de Paris*. In-4°, 1777, p. 185.

(2) Macquer, *Dictionnaire de chimie*. Paris, 1778, in-4°, 2e édit., tome I, p. 665.

(3) Voyez une de ses dissertations, réunie plus tard à son ouvrage intitulé : *Recueil de dissertations chymiques*, par M. de Machy, pharmacien. Paris, 1781, in-8°, p. 306.

Comme cette huile n'est pas apparente dans la matière gélatineuse et qu'elle est soluble dans l'eau, il s'ensuit que cette même huile est un des principes de la gelée, et qu'elle est rendue miscible à l'eau par l'intermède des principes salins de la matière gélatineuse. »

La *gelée animale* est la vraie substance animale, et constitue presque en entier le corps animal ; elle est dans le règne animal ce qu'est dans le végétal la matière muqueuse ou mucilagineuse, dont elle paraît tirer son origine et à laquelle elle ressemble par plusieurs de ses propriétés. Elle est composée de phlegme, d'alcali volatil, d'huile pénétrante et légère, d'alcali volatil concret, d'huile empyreumatique, de charbon, d'alcali fixe, de sel marin et de sel fébrifuge, de Sylvius. Il faut la distinguer des *lymphes*, qui sont la partie coagulable, qui se prennent par la chaleur, et ensuite ne se redissolvent plus.

Il admet, du reste, qu'il y a deux grandes classes de corps, les minéraux formés directement des principes simples, eau, air, terre, feu, et la deuxième classe comprend les êtres organisés, qui tous renferment la matière huileuse, propre seulement aux matières ayant fait partie des corps vivants. Elle renferme les végétaux et animaux qui, chimiquement, ont les mêmes principes, seulement l'alcali fixe (carbonate de potasse) domine dans les végétaux et le volatil dans les animaux.

Le sang abandonné devient rapidement un peu acide, puis ensuite putride, comme toute substance parfaitement animalisée.

Le lait, pour Macquer, est formé de graisse non combinée, formant avec les autres parties une véritable émulsion ; d'une partie terreuse qui, combinée avec l'huile, qui est un principe dont il a été question, forme la lymphe coagulable ou coagulée du lait, ou fromage ; d'eau tenant en solution différents sels (sel marin), et d'une substance savonneuse combinée dans le même état que celle des sucs sucrés.

Les sels provenant de la terre, qui sont étrangers à la nature de la substance des animaux, sont toujours rendus par

eux tels qu'ils étaient entrés (1). Il admet aussi des principes colorants, mais de nature mal déterminée.

595. — Van Bochaute considère le principe muqueux des liquides animaux comme formé de terre et d'eau : la bile en contient, plus du gluten animal, moins pourtant que dans le sérum du sang ; d'un savon copieux formé de la base du sel marin ou alcali minéral ; d'une résine et d'un corps mucoso-sucré fermentescible, comme le sucre, et donnant de l'esprit ardent ; et, enfin, un esprit recteur qui, dans la bile fraîche, a l'odeur de myrrhe (2).

596. — Beaucoup de travaux, du reste, à cette époque, consistaient seulement à traiter les matières animales par les acides puissants, le nitrique ou le sulfurique, et les produits étaient considérés comme les principes de la chair. Tel est encore le travail de Berthollet, publié en 1779 et 1785, dans lequel il croit trouver que l'*acide phosphorique* est un principe immédiat, ainsi que l'*air fixe* (acide carbonique), lequel se dégage avec la *mofette ou mophète* (azote), quand on traite ces substances par l'*acide nitreux* (3). C'est en opérant ainsi sur la bile que Cadet, en y versant de l'acide chlorhydrique, ou acide marin, obtint de ce liquide de beaux cristaux de sel marin et reconnut que ce liquide contient le même alcali que le sel marin (4).

597. — Ce que nous avons dit de Rouelle s'applique aussi aux recherches de Proust (5), qui trouva le phosphate acide de soude de l'urine (sel marin) ; mais il attribuait son acidité

(1) Macquer, Article Terre de son *Dictionnaire de chimie*, 1778, 2ᵉ édit., t. II, p. 398.

(2) Ch. Van Bochaute, *Dissertation physiologico-chimique sur la bile* (*Observ. sur la physiol., l'histoire natur.*, etc., par l'abbé Rozier, tome XIII, in-4°, Paris, 1778, p. 260).

(3) Berthollet, *Recherches sur la nature des substances animales* (*Hist. de l'Acad. des sciences*, in-4°, 1779). — *Suite des recherches sur la nature des substances animales et sur leurs rapports avec les substances végétales* (*Histoire de l'Acad. des sciences*, in-4°, p. 331, 1785).

(4) Cadet, *Histoire de l'Académie des sciences de Paris*, in-4°, année 1767.

(5) Proust, *Mémoire sur une substance nouvelle trouvée dans les urines, et sur la différence qu'il y a entre les différents acides phosphoriques* (*Observat. de phys.*, par l'abbé Rozier, février 1781, in-4°, p. 145).

à la combinaison avec lui d'un acide (*acidum perlatum*). Ce n'est que plus tard que Klaproth (1) fit voir que le *sel perlé* de Proust devait son acidité à un petit excès d'acide phosphorique, comparativement au phosphate de soude ordinaire.

598. — Van Bochaute dit (2) : « Nous appelons matière animale une substance que la nature compose chimiquement; très manifeste dans les animaux, dont elle constitue la masse principale, mais très obscure dans les plantes, quoiqu'elle y existe toute formée et qu'elle en fasse une partie tellement essentielle qu'elle paraît être la base et le fondement de leur organisation. La nature la compose dans la seule économie végétale, et elle en passe toute formée, soit médiatement, soit immédiatement, dans les animaux pour les nourrir. Elle est la substance principale de toutes les parties animales, et, en partie, de celle des graines ou semences, du parenchyme des racines des plantes. Son analyse donne les mêmes résultats, soit qu'on la prenne dans les animaux ou les végétaux. Les produits de l'analyse sont l'alcali volatil, deux huiles spéciales empyreumatiques, l'huile éthérée de Dippel, un gaz ou air inflammable qui a l'odeur de fleurs de pêcher, le phosphore, le principe colorant du bleu de Prusse, s'il n'est pas le gaz inflammable précédent lui-même. La terre calcaire et l'alcali minéral qu'on trouve dans cette substance pourraient bien appartenir aussi à cette seule substance. »

« Beccari, puis Keffel Maier à Strasbourg, puis Rouelle le cadet, ont successivement découvert et analysé la matière animale qu'ils ont retirée toute formée des végétaux. C'est en lavant la pâte de farine qu'ils ont eu deux substances bien différentes l'une de l'autre : l'une était l'amidon, il se précipita au fond de l'eau ; l'autre était glutineuse et élastique, devenant transparente et cornée par dessiccation. Rouelle la retira directement des sucs verts des plantes, et indirecte-

(1) Klaproth, *Annales de chimie de Crell*, 1785, t. I, p. 236.

(2) Van Bochaute, *Mémoire sur l'origine et la nature de la substance animale* (*Observat. de phys.*, etc., par l'abbé Rozier, Paris, 1786, t. XXVIII, in-4°, p. 109).

ment des autres parties des végétaux en obtenant l'alcali volatil. Ainsi, la matière animale est de formation végétale ; elle est entièrement l'ouvrage de son économie, laquelle paraît particulièrement destinée, par la lenteur de son action et une organisation propre, à absorber les premiers éléments, l'air, le feu ou la lumière, l'eau, la terre, le gaz, les sels, la matière électrique, etc., tous dans un état de division et dans leur plus grande vigueur d'attraction élective. »

599. — En 1786, Sage (1), tirant parti des travaux déjà connus de Schèele, de ceux faits par plusieurs des auteurs précédents et des siens propres, expose d'une manière plus complète qu'on ne l'avait fait jusqu'alors la composition de la substance des animaux et végétaux. Il rapporte encore, comme tous ses prédécesseurs, à Becher et à Stalh, l'honneur d'avoir rendu la chimie expérimentale et de l'avoir affranchie du mystère dont on la couvrait avant eux, en donnant aux signes à l'aide desquels tous les ouvrages de chimie du moyen âge et anciens (au nombre de six mille environ) représentaient les corps, une valeur comme représentant réellement les corps eux-mêmes.

Comme tous ses prédécesseurs, il étudie séparément les corps des trois règnes : ce sont là les divisions fondamentales de leurs livres ; faute de théorie chimique, tous exposent le résultat de leurs expériences sur les corps du règne minéral, puis du règne végétal, et enfin du règne animal. Ce n'est que peu à peu, comme nous venons de le voir, que s'établit une comparaison entre les produits de l'analyse, ou mieux de la décomposition des plantes et des animaux.

Il y a, suivant lui, quatre principes élémentaires, ou *racines élémentaires* : 1° le phlogistique, 2° l'acide igné ou acide élémentaire, 3° l'eau, et 4° la terre absorbante. L'eau manque dans les métaux, qui sont composés par les trois autres éléments seuls. Ces quatre éléments, modifiés ou mis ensemble,

(1) SAGE, *Analyse chimique et concordance des trois règnes*. Paris, 1786, in-8°, 3 vol., t. I, p. 3 et suiv.

forment les treize principes constituants des animaux. Ce sont :

1. Esprit recteur ou miasmes odorants animaux.
2. Acide igné des fourmis.
3. Acide phosphorique.
4. Sucre du sel de lait.
5. Graisse, moelle, cire, *péla*.
6. Gelée.
7. Bouillon.
8. Bile.
9. Alcali volatil.
10. Natron.
11. Terre absorbante.
12. Fer.
13. Soufre.

Il donne parallèlement la liste des principes qu'on retire des plantes.

600. — En 1787, Nicolas (1) donna le premier traité où se trouve exposée l'analyse de presque tous les solides et les liquides de l'économie. Les tissus blancs sont formés de gelée, de colle, de sel marin, de phosphates alcalins et calcaires. Il y a, de plus, dans les autres chairs, du sel phosphorique à base alcaline, et du sel phosphorique à base calcaire et alcali volatil. La graisse est formée surtout d'acide sébacé (voyez plus loin, livre IV, article *Acide sébacique*). L'urine est formée d'eau, d'acide phosphorique libre, de sel marin, fébrifuge de Sylvius, de tartre vitriolé, et quelquefois de sel de Glauber ; ils viennent des aliments. D'autres qui lui sont propres se forment dans le corps : ce sont le sel fusible ou microcosmique, du phosphate calcaire, des matières savonneuses et extractives.

Le sérum du sang est alcalin, formé de *matière coagulable*, d'eau et de sels ; le caillot se compose de *matière fibreuse*, de *matière rouge* qui contient du fer.

Gmelin donne aussi de bonnes indications sur l'extraction des principes, et fait connaître exactement la plupart des sels d'origine minérale de l'urine (2).

601. — Nous venons de voir comment, par une longue série d'essais laborieux, la notion d'*espèce* s'introduisit peu à peu en chimie. Les expériences répétées sur les mêmes corps

(1) Nicolas, *Précis de chimie et d'histoire naturelle*. Nancy, 1787, t. II, p. 196 et suiv.

(2) Gmelin, *Grundriss der allgemeine chemie*. Gœttingen, 1789, in-8°, t. II, p. 730.

y faisaient en effet retrouver toujours les mêmes produits toutes les fois que les conditions dans lesquelles on se plaçait étaient identiques ou analogues. Les moyens grossiers, comme la distillation à feu ardent ou le traitement par les acides énergiques, donnent des résultats toujours les mêmes, lorsqu'il s'agit de composés minéraux, c'est-à-dire d'une grande stabilité. Nous voyons comment ce fait, joint à l'impossibilité de transformer directement les composés indécomposables alors, la terre, le soufre, l'air, l'eau, et d'autres encore selon les époques, conduit à les considérer comme des *principes*, *éléments* ou *radicaux*. De très bonne heure s'introduit, d'une manière plus ou moins nette, mais toujours progressive, l'idée que les autres corps sont formés par la réunion de ceux-ci, qui forment ce que quelques chimistes du XVIIIe siècle appellent des *principes secondaires*, sans que jamais soit formulée nettement la notion d'*espèce*. Ces principes secondaires sont étudiés séparément en autant de chapitres ou de mémoires séparés comme autant d'espèces distinctes de composés. Peu à peu on voit cette idée prendre plus de développement et de précision; au fur et à mesure des études expérimentales, on voit diminuer le nombre des corps qui étaient considérés comme de simples modifications ou transformations des autres. On ne dit plus cela que de ceux qui sont encore mal connus, et seulement pour remplacer en quelque sorte ce qu'on ne sait pas.

Les expériences multipliées faites alors montrent tous les jours que nul corps doué de propriétés bien déterminées ne change de propriétés et de caractères extérieurs, s'il n'est décomposé ou ne se combine à quelque autre; nul corps, en un mot, ne prend d'autres caractères qu'autant qu'il cesse d'être l'*espèce* qu'il était pour faire partie d'une autre en se combinant à un second corps, ou de deux autres en se décomposant. A part ces cas-là, les expérimentateurs voient toujours que, quelles que soient les conditions de température ou de dissolution par lesquelles ils font passer les composés qu'ils étudient toujours, ils les retrouvent tels qu'ils

les avaient pris avant l'expérience. Retrouvant toujours les chlorures et les sulfates dans l'urine, tels qu'on les observe dans l'eau alimentaire, ils en viennent à considérer ces sels comme traversant le corps sans se décomposer ni se *transformer*. Ces faits fortifient insensiblement la notion d'*espèce* par rapport aux corps d'origine minérale.

Quant à la notion d'espèce relativement aux corps d'origine organique, elle s'introduit dans ce genre de recherches, d'abord d'une manière inexacte, en ce que des corps, tels que les phosphates de l'urine, sont considérés comme d'origine animale, parce qu'on n'avait pas encore constaté leur présence dans les aliments. Mais cette erreur a les plus heureux résultats par suite de la similitude de ces corps avec d'autres fabriqués artificiellement ou retirés du globe, en ce que cela tend à montrer : 1° que les corps organisés tirent leurs matériaux des milieux ambiants; 2° que néanmoins ils renferment des espèces de composés que ne possèdent pas ces milieux.

Aussi avons-nous vu de bonne heure, et sans que cette action réciproque des deux ordres d'étude soit formulée, déterminer ce fait toujours resté vrai depuis, que les êtres organisés empruntent aux milieux ce qu'ils rejettent de l'autre, et que pourtant ce sont les végétaux qui seuls font de toutes pièces la *matière animale* (gluten) que les animaux leur empruntent, mais ne font pas.

C'est ainsi qu'avec un petit nombre de faits vrais dans ce qu'ils ont de général, quoique faux quelquefois dans les détails, mais profondément mûris et pesés, nous voyons établir des généralisations toujours restées vraies depuis. C'est ainsi que des notions générales peuvent être très utiles, parce qu'elles servent à relier les faits et être justes, sans qu'il soit nécessaire à ceux qui les établissent d'entrer dans les détails minutieux, ou même sans que ceux-ci soient absolument exacts.

Mais on a beau dire vrai : si la vérité n'est pas en rapport avec les connaissances de l'époque, si elle est plus avancée que

celles-ci, elle ne se développe pas, elle ne produit pas les résultats qui, plus tard, sont obtenus ; tout reste inutile jusqu'à ce que les autres sciences soient arrivées elles-mêmes à un degré suffisant de développement pour que les faits soient applicables dans toute leur étendue, pour que la société, suffisamment préparée, en tire parti.

Les recherches de Schéele, en 1775, surtout sur les calculs vésicaux de l'urine, précisèrent encore davantage nos connaissances sur les espèces chimiques, en faisant connaître des corps réellement d'origine organique (acide urique). Ces notions, et surtout les procédés d'extraction, se perfectionnèrent encore par l'emploi de l'alcool comme dissolvant, dont Poulletier de la Salle se servit, vers 1782, pour l'analyse des calculs biliaires : c'est ainsi qu'il découvrit la cholestérine, résultat que sa mort lui empêcha de publier, mais que Fourcroy, auquel il l'avait communiqué, nous a transmis. Il faut tenir compte aussi de la découverte de plusieurs principes d'origine végétale, et aussi de celle de l'acide lactique, de celle de l'acide oxalique, obtenu en traitant des sucres par l'acide azotique, ainsi que de plusieurs autres composés artificiels.

602. — Toutes ces idées relatives, d'une part, à distinction possible des corps indécomposables ou simples et des corps composés formant eux-mêmes plusieurs ordres, selon leur plus ou moins de complication, étaient suffisamment développées pour qu'il fût possible aux penseurs de l'époque de les systématiser. C'est ce que fit, en 1782, Guyton de Morveau dans son célèbre mémoire sur la nomenclature chimique (1), dans lequel il établit les principes de cette nomenclature et reconnaît plusieurs radicaux ou éléments, comme l'air déphlogistiqué ou oxygène, ainsi nommé en 1778 par Lavoisier (*air vital* de Condorcet); le charbon pur ou carbone, retiré par le même de

(1) GUYTON DE MORVEAU, *Mémoire sur les dénominations chimiques, la nécessité d'en perfectionner le système et les règles pour y parvenir* (*Observations sur la physique, sur l'histoire naturelle et les arts*, par l'abbé Rozier et Mongez jeune, mai 1782, in-4°, t. XIX, p. 230).

l'acide crayeux (carbonique) en 1781; plusieurs métaux, le soufre, etc., etc., et plusieurs séries de composés, soit d'origine minérale, soit d'origine organique. Ce travail, précédé par les recherches de Priestley sur l'air, dans lesquelles il isola l'oxygène (*air déphlogistiqué*) (1), suivies de la décomposition de l'eau (2) et de l'adoption officielle de la nomenclature dont Guyton de Morveau avait posé les principes, acheva de fonder d'une manière définitive la chimie comme science, préparée par Geoffroy, Boerhaave et Stahl. Dès lors fut possible l'étude anatomique systématique des principes immédiats, puisque l'étude chimique de ceux déjà connus faisait prévoir de quelle nature délicate devaient être les procédés destinés à les extraire des corps organisés ; en effet, une fois extraits, il était possible de les étudier chimiquement comme espèce chimique, puis de partir de là pour les reprendre sous le point de vue anatomique.

Mais il est nombre de faits qui, pour être compris, demandent une préparation souvent très longue, qui demandent qu'on se soit préparé à leur examen par une série d'études qui permettent de les envisager sous toutes leurs faces. En un mot, individuellement, on ne se trouve pas apte, de prime abord, à comprendre tel ou tel ordre de faits relatifs aux corps organisés, surtout sans avoir acquis un certain nombre de connaissances concernant les corps plus simples ; et même, réciproquement, il arrive que plus d'un détail, dans les questions les plus simples, ne peut être nettement saisi qu'après

(1) Priestley, *Experiments and observations on different kinds of air*, 6 volumes. London, 1775 to 1786. — H. Cavendish, *Experiments on air* (*Philosoph. transact.*, 1784, vol. LXXIV, p. 119). *Works of the Cavendish Society, The life of the Henry Cavendish*, by G. Wilson. London, in-8°, 1851, p. 195-255.

(2) Lavoisier et Meusnier, *Mémoire dans lequel on a pour objet de prouver que l'eau n'est point une substance simple, un élément proprement dit, mais qu'elle est susceptible de décomposition et de recomposition* (*Mémoires de l'Académie des sciences de Paris*, pour 1781, in-4°, p. 468). — Meusnier et Lavoisier, *Mémoire où l'on prouve par la décomposition de l'eau que ce fluide n'est point une substance simple, et qu'il y a plusieurs moyens d'obtenir en grand l'air inflammable qui y entre comme principe constituant* (*Mémoires de l'Académie des sciences de Paris*, pour 1781, in-4°, p. 269).

l'examen de questions plus complexes ; d'où la nécessité de retours fréquents en arrière dans les études pratiques. C'est là un fait d'observation dont, le plus souvent, ne tiennent pas compte ceux que, à chaque instant, on voit se refuser à admettre tel ou tel ordre nouveau de notions scientifiques.

Ce qui a lieu pour les individus s'observe aussi dans le développement des sociétés. Lorsqu'on eut la notion d'espèce chimique, celle de principe immédiat ne se développa pas immédiatement ; il fallait pour cela que l'anatomie générale fût créée ; aussi ne fit-on autre chose qu'étudier chimiquement les composés d'origine organique, sans en faire l'histoire anatomique. Lorsque, par hasard, elle fut faite, elle resta toujours confondue avec le côté chimique de l'examen des espèces. Nous allons voir, en effet, dans les ouvrages qu'il nous reste à examiner qu'il n'y a d'anatomique que l'étude préalable de l'humeur dont on extrait les principes, et que l'histoire de ceux-ci n'est faite que chimiquement. On pourrait croire qu'après la création de l'anatomie générale, cette marche suivie par Sage, Baumé, Fourcroy, etc., sera remplacée par l'étude anatomique des tissus et des humeurs d'une part, de celle des principes d'autre part, faite séparément de l'examen chimique. Il n'en est rien pourtant ; on se contente d'imiter leur exemple, de transformer en routine, devenue rétrograde, une première tentative inévitablement incomplète et même vicieuse dans le principe, en raison de l'époque. Et, bien plus, on divise encore la chimie en deux : l'une étudie les corps d'origine minérale et ceux qu'on obtient artificiellement à leur aide ; elle forme la *chimie* dite *minérale ;* l'autre, devant renfermer les corps les mieux définis d'origine organique, plus ceux qu'on peut former artificiellement à leur aide, forme la *chimie* dite *organique proprement dite,* laquelle renferme en outre deux appendices, la *chimie végétale* et celle dite *animale.* Celles-ci restent la copie plus ou moins étendue des ébauches que ne pouvaient éviter de faire les premiers auteurs. Bien longtemps avant que la chimie fût créée comme science, avant que les premières lois des combinai-

sons et la nomenclature qui désigne les espèces fussent établies, étudiant empiriquement chaque ordre de corps, ces auteurs se trouvaient naturellement conduits à traiter séparément de la composition chimique des *trois règnes* et des composés qu'on en retire. C'est-à-dire que, ne sachant encore sur quelles lois, sur quels faits communs à tous les composés, ils pouvaient fonder une classification, un arrangement de ceux qu'ils étudiaient, quels qu'ils fussent, ils les classaient d'après leur origine. Cette manière de classer était certainement préférable à l'absence de classement ; mais ce qui était bon et nécessaire à une époque ne l'était certainement plus après les travaux de Fourcroy et de Berzelius, par exemple, pour prendre ici l'exemple le plus extrême. Évidemment l'esprit antihistorique qui s'est emparé de la plupart des chimistes, dès que leur science fut systématisée, les a involontairement mis en erreur ; en les empêchant de voir que les premières ébauches ne pouvaient plus servir de base à une division scientifique, il les a conduits précisément à copier l'ordre tracé par les hommes dont ils croyaient s'éloigner le plus, et dont les travaux ne se trouvent en général mentionnés dans aucun des traités postérieurs au *système chimique* de Fourcroy. En un mot, ils classent encore les espèces de corps d'après leur origine, et non d'après leur nature simple ou composée, et leurs caractères généraux, comme à l'époque où cette nature et ces caractères n'étaient pas connus ou ne l'étaient que pour un très petit nombre d'espèces.

Il importait d'insister sur ce fait, car nous avons déjà dit que les anatomistes et les médecins, en voyant les chimistes faire une description en général assez imparfaite des humeurs, suivie de leur analyse chimique, ont eu tort de croire que c'était là un fait nouveau, un progrès analogue à celui qu'a fait la chimie depuis Priestley, Lavoisier, Cavendish, Morveau, etc. Ils ont eu tort surtout de croire que l'étude des humeurs, prises en tant qu'humeurs, en tant que parties constituantes de l'organisme, fût bien faite. En effet, pour l'être, elle exige bien la connaissance chimique des corps qui sont

principes immédiats, comme elle exige la connaissance générale de la chimie ; mais elle exige surtout leur connaissance anatomique. Or nous venons de voir que celle-ci a toujours été négligée jusqu'à présent : 1° par suite de l'abandon fait aux chimistes, par les anatomistes, de l'étude des humeurs ; 2°, parce qu'une fois que Bichat eut poussé l'analyse anatomique depuis les appareils et les organes jusqu'aux systèmes et aux tissus, on ne reconnût pas (faute d'une notion d'ensemble sur l'organisme) dans l'étude des éléments anatomiques, et dans celle des principes immédiats, le degré le plus extrême de l'analyse des corps organisés ; étude dans laquelle les éléments représentent les parties constituantes essentielles des tissus, comme les principes représentent les parties essentielles des humeurs. Secondairement, les principes constituent bien aussi les éléments anatomiques eux-mêmes, car ceux-ci puisent et rejettent leurs matériaux dans les humeurs ; mais il faut se rappeler que chaque ordre de parties a sa valeur, son rôle, que nul n'est indépendant des autres, et que si les éléments ne peuvent pas exister sans les humeurs, celles-ci n'existent pas sans les éléments. Et il en est de même pour les tissus et les principes immédiats par l'entrée et la sortie desquels s'établit la relation entre l'être et le milieu, mais qui ne sauraient être considérés comme indépendants des tissus, etc.... Tout se tient, tout se lie, en effet, dans l'organisme, mais sans confusion ; chaque ordre de parties remplit son rôle, est facteur de quelque chose, mais avec solidarité des uns par rapport aux autres ; et cette solidarité n'est pas de l'homogénéité, qui seule permettrait d'accumuler, comme on le fait habituellement, sur un seul ordre de parties ce qui se rapporte à chacun d'eux en particulier.

ARTICLE III.

PROGRÈS DE L'ÉTUDE ANATOMIQUE DES PRINCIPES IMMÉDIATS, DEPUIS L'ÉPOQUE OU, RECONNAISSANT QUELS SONT VÉRITABLEMENT LES ÉLÉMENTS CHIMIQUES, AINSI QUE LES LOIS DE LEURS COMBINAISONS, ON SE FORMAIT UNE IDÉE NETTE, QUOIQUE SEULEMENT ENCORE EMPIRIQUE, DE LA NOTION D'ESPÈCE EN CHIMIE.

En 1789, Fourcroy (1) continue, comme ses prédécesseurs, à étudier successivement les corps d'après leur origine ; seulement, guidé par les progrès qu'avait faits l'analyse chimique, progrès toujours dominés et dirigés par l'idée théorique de diviser les espèces de corps composés en espèces plus simples, il fait remarquer combien l'analyse des matières animales a fait de progrès. Il montre qu'on a détruit ces matières plutôt qu'analysé, mais que, depuis l'emploi des dissolvants et de l'évaporation lente, on peut en extraire les sels sans les décomposer. Quant aux autres substances, il s'en occupe peu, car elles avaient à peine été étudiées. Il ne fait, à cet égard, que reproduire le travail de Lavoisier dont nous avons parlé; travail dans lequel ce chimiste montre que l'*alcali volatil* retiré des matières animales n'y existe pas tout formé ; que cet alcali est une combinaison de *gaz inflammable détonant* (hydrogène) et d'*air phlogistiqué* ou *mofette* (azote) ; donc l'*alcali* se forme par combinaison de la *mofette* ou *mophète* de ces substances, qui s'unit à l'hydrogène venant de l'eau ou des graisses. Les matières animales contiennent donc beaucoup de mofette, et, probablement, de l'*air fixe* (acide carbonique). Il reconnaît aussi, avec Lavoisier, que les matières animales sont dissoutes par l'alcali volatil. Dès cette époque, ou peu après, l'expression de substance azotée devient synonyme de substance animale.

Il étudie la coagulation et les autres caractères de la *matière fibreuse* du caillot sanguin, ceux de la *matière albumi-*

(1) Fourcroy, *Éléments d'histoire naturelle et de chimie*. Paris, 1789, 5 vol. in-8°, t. IV, p. 295 et suiv.

neuse du sérum, de la *matière caséeuse du sérum du lait*. Il ajoute peu de choses nouvelles à l'étude des sels et à celle des graisses, dont il considère encore l'*acide sébacique*, obtenu par l'action des acides sur elles, comme un principe.

Comme on le voit, les mots *albumine* et *fibrine* ne sont pas encore employés, pas même pour le blanc d'œuf ; mais il dit que le jaune est formé d'une *matière albumineuse*, plus d'huile douce.

Il pense que la matière analogue au sucre de lait trouvée par Cadet, puis par Van Bochaute, n'est autre que la substance feuilletée trouvée dans les calculs par Poulletier de la Salle. Il ne pense pas que rien démontre encore l'existence d'un *acide gastrique*.

Il reconnaît dans l'urine : 1° des sels semblables à ceux des minéraux; 2° des matières analogues aux extractifs végétaux ; 3° et des matières propres aux animaux et même à l'urine : tel est l'acide trouvé par Schéele dans les calculs, et que Fourcroy appelle *acide lithique* (p. 391). Il parle aussi des *lithiates* ammoniacal, calcaire, potassique, de soude, artificiels. Il pense, avec Schéele, qu'il concourt un peu, avec l'acide phosphorique, à donner à l'urine son acidité. Il ne fait, du reste, pas connaître de faits que n'aient indiqués les auteurs dont nous avons parlé précédemment. Comme eux, il traite successivement de la composition des matières minérales et des composés qu'on en retire, des *substances végétales* et des espèces qu'on en peut extraire, puis des *substances animales*.

Classant ainsi encore les espèces d'après leur origine, il traite du phosphore, de l'acide phosphoreux, etc., après l'urine, parce que c'est de ce liquide qu'on les retire principalement.

En terminant, il compare, chez les animaux et les végétaux, *les matières que l'on a nommées* PRINCIPES IMMÉDIATS *dans les substances organiques*, c'est-à-dire *les matières que l'on sépare immédiatement et sans altération des corps organisés* (p. 476). Ces principes sont : 1° l'*extrait* ou *extractif*;

2° la matière sucrée, moins abondante chez les animaux que dans les plantes ; 3° les *mucilages* ; 4° les huiles fixes, qui ne sont pas tout à fait les mêmes dans les deux règnes ; 5° les huiles volatiles ; 6° les résines, plus rares et moins abondantes dans les animaux que dans les plantes ; 7° la matière albumineuse, ou concreseible par la chaleur : elle existe dans les sues végétaux, mais est moins abondante que dans les parties animales, qui toutes en contiennent, tant les solides que les humeurs ; 8° la *substance fibreuse*, analogue au gluten de la farine : elle est plus tenace et beaucoup plus abondante chez les animaux, soit dans le sang, soit dans les muscles, qui tous en sont composés ; 9° viennent ensuite la soude, la chaux, la potasse, puis les acides muriatique, phosphorique, oxalique, malique, benzoïque et sébacique, lactique, sacholactique, lithique (urique), formique et bombique.

Il est important de mentionner cette liste, car c'est depuis cette première énumération de Fourcroy qu'on a continué à considérer tous ces produits de décomposition comme étant de véritables *principes immédiats*. Depuis lui, on a bien augmenté le nombre des corps de ce genre, tant de ceux analogues aux corps minéraux que de ceux d'origine organique, mais on n'a pas changé la marche suivie par Fourcroy : au contraire, c'est le côté chimique de l'histoire de ces corps qui a pris de l'extension ; mais le côté organique a plutôt été en s'amoindrissant, sauf sous le point de vue des hypothèses faites sur leur formation, etc. Nul n'est venu faire ressortir que, sauf les *acides urique et formique*, nul de ces corps n'est *séparé immédiatement des corps organisés* tel qu'il est, mais que c'est en décomposant les sels, qui sont véritables *principes immédiats*, qu'on les obtient. Pourtant, dès 1743, Margraaf avait fait voir que c'est le *sel fusible* de l'urine (phosphate de soude) qui fournit le phosphore qu'on retire de ce liquide (1), car on l'obtient de ce sel pur, et, une fois retiré de l'urine, celle-ci n'en donne presque plus.

(1) MARGRAAF, *Mémoires de l'Académie de Berlin*, in-4°, 1743.

Fourcroy est, du reste, le premier qui soit sorti de la voie qu'il avait commencé à tracer, et qu'il semble tout prêt à développer et à rectifier, au fur et à mesure de nouvelles recherches faites dans la même direction. En effet, dans son *Système des connaissances chimiques* (1), paru dix ans plus tard, le point de vue auquel il s'était placé dans ses *Eléments d'histoire naturelle et de chimie* disparaît de plus en plus. C'est ainsi que, divisant encore son livre d'après l'origine des matières qu'il examine, il range les *analyses végétales* en deux genres : 1° les *analyses immédiates* ou *inaltérantes*, et ne donnant que les *principes immédiats prochains* ou matériaux entiers ; 2° les analyses altérantes ou décomposantes, employées surtout pour rechercher la composition des *matériaux immédiats* ou *entiers*. Mais quand il arrive à étudier les matières végétales, il ne fait guère qu'étudier l'action des agents chimiques et physiques sur elles, et il ne considère comme *principes immédiats* ou matériaux entiers que les substances organiques végétales (amidon, ligneux, tannin, etc.).

Puis quand il aborde l'étude des animaux, ce sont *les propriétés ou caractères chimiques des substances animales en général*, manifestées au contact des acides, alcalis, etc., qu'il étudie. Vient ensuite l'étude des substances animales particulières, qui sont le sang, la lymphe, la pulpe cérébrale, le fluide nerveux, etc., lesquelles correspondent au tannin, au ligneux, aux gommes, résines, amidon, etc., que nous venons de citer dans les plantes.

C'est alors en traitant du sang, de la bile, de la lymphe, etc., qu'il est question de l'albumine, mais sans que la notion de *principe immédiat* se retrouve comme elle se retrouvait encore dans l'étude des substances végétales mentionnées tout à l'heure. Nous laissons maintenant ces indications qui nous ont fait anticiper sur les dates ; mais elles font bien sentir comment le point de vue chimique en est venu peu à peu à l'emporter sur le point de vue anatomique ; car nous voyons

(1) Fourcroy, *Système des connaissances chimiques*, Paris, an IX, t. VII, p. 51 et suiv., et t. IX, p. 40 et 43.

le même auteur substituer le premier de ces points de vue au second qu'il avait ébauché, et noyer ou masquer ce dernier par les détails chimiques. Il en est arrivé là, parce que, dans son second ouvrage (an IX, 1801), il est parti des notions de chimie, qu'il vient importer dans l'étude des corps organisés et veut faire servir directement, tandis que dans le premier (1789), et surtout dans les deux éditions antérieures à celles de 1789, il était parti de l'histoire naturelle des corps organisés, c'est-à-dire du point de vue organique ; ensuite, il avait cherché à voir comment les procédés employés en analyse chimique et les connaissances chimiques pouvaient éclairer les faits qu'il venait d'étudier. On voit, dès à présent, que le seul reproche qu'on puisse adresser, d'une part, aux chimistes qui ont succédé à Fourcroy, c'est de l'avoir trop servilement copié, et, d'autre part, aux anatomistes, c'est de ne pas avoir compris que ces recherches étaient de leur domaine, car le point de vue organique doit y dominer. Seulement, il faut s'être mis à même, par des études chimiques suffisantes, de comprendre ce qu'il y a de chimique dans l'étude de ces parties constituantes de l'économie et dans les actes correspondants.

Quoi qu'il en soit, c'est dans son édition de 1789 que Fourcroy détermine que les PRINCIPES PLUS SIMPLES *dont les* PRINCIPES IMMÉDIATS *essentiels des animaux sont composés sont, comme ceux des substances végétales, de l'hydrogène, du carbone, de l'azote et de l'oxygène.* Ces corps, jusqu'à présent indécomposables, dit-il, ces espèces d'éléments paraissent constituer, par leurs combinaisons, les huiles, les acides, les mucilages, la partie fibreuse, etc. Ces divers principes immédiats ne diffèrent les uns des autres que par le nombre et la proportion des corps primitifs qui les composent (t. IV, p. 480). Les huiles, les acides, les mucilages, etc., sont les parties qu'il appelle principes immédiats ; néanmoins l'idée générale reste.

La quantité d'azote, bien plus considérable dans les matières animales que dans les végétales, explique une grande

partie des différences qui les séparent. Il reste à déterminer les changements que les matières végétales éprouvent en passant dans le corps des animaux. C'est le problème de l'animalisation qu'il reste à résoudre. Il considère enfin, avec Boerhaave, la putréfaction comme une véritable fermentation, comme un phénomène de même nature.

603. — Chaptal (1) suit la même division dans la distribution des matières que Fourcroy. En commençant l'étude des substances animales, il établit que les corps vivants sont tous soumis à l'influence des corps bruts ; mais l'action de ceux-ci, nous ne pouvons pas la varier et la modifier à volonté. « Le chimiste ne peut donc pas prononcer *à priori*, et d'une manière générale, sur ces effets ; il doit puiser ses résultats dans l'étude du corps vivant plutôt que dans ses opérations de laboratoire ; il ne doit s'aider de ses analyses que pour connaître la nature des *principes constituants*. Mais leur jeu, leur action, leurs effets, ne peuvent être connus que par une étude sérieuse des fonctions du corps vivant. La chimie peut tout dans les phénomènes du règne minéral : tous dépendent de la loi invariable des affinités ; mais elle est subordonnée aux lois de l'économie des corps vivants dans le règne des êtres organisés, et ses résultats ne sont vrais que lorsqu'ils sont confirmés par l'observation. » (P. 266-267.) Tous les matériaux viennent du dehors, et une fois introduits, l'organisme ne peut ni les rejeter ni les choisir ; mais si la chimie ne peut rien dans l'arrangement de ces matériaux, elle peut tout sur leur choix, une fois qu'ils sont connus.

Le reste de son livre diffère peu de celui de Fourcroy, dont nous venons de faire l'analyse. Il décrit avec beaucoup de soin le sucre de lait, l'acide lactique, et montre qu'en même temps que Schéele obtenait de l'acide oxalique par l'action de l'acide nitrique sur le sucre de lait, il en obtenait également comme avec du sucre ordinaire (2). Il étudie la *partie fibreuse*

(1) Chaptal, *Éléments de chimie*. Paris, 1790, in-8°, 3 vol. t. III, p. 265.

(2) Chaptal, *Mémoire présenté à la Société royale de Montpellier*. In-4°, 1787.

du sang, et montre que le sérum, versé dans l'eau bouillante, s'y coagule, sauf une portion qui se dissout dans l'eau. Comme Fourcroy, il considère la *partie fibreuse* des muscles, convenablement lavée, comme analogue à celle du sang.

Il termine en traitant de la putréfaction, et remarque que tout corps vivant, une fois privé de vie, prend un chemin rétrograde et se décompose; cette décomposition s'appelle *fermentation dans les plantes*, *putréfaction dans les animaux*. Les mêmes agents, les mêmes circonstances, déterminent et favorisent la décomposition des plantes et des animaux; la différence des produits provient de la variété des *principes constituants*.

604. — Le traité de J.-J. Plenk est un bon compendium des connaissances de son époque sur les humeurs du corps humain; mais il n'y a de nouveau dans ce livre que des hypothèses de peu de valeur. Il admet dans le sang l'existence d'un *gaz animal* particulier; il y a dans les os moitié en poids d'une *terre animale*, et il croit que les actes moléculaires qui ont lieu dans l'organisme n'ont pas lieu d'après les mêmes lois que celles qui se passent dans les corps bruts. Le fluide nerveux et le principe odorant du corps animal sont pour lui deux principes constituants (1).

Nous ne trouvons également rien de nouveau à puiser dans le traité de Jacquin, si ce n'est l'indication des phosphates de chaux et de soude dans les larmes, ainsi que du sel marin, de la soude et du gluten (2).

605. — De 1790 à 1801, il ne parut pas d'ouvrage dogmatique sur la chimie.

Mais, en 1789, avaient commencé en France la publication des *Annales de chimie*, et en Allemagne celle des *Annales de chimie* de Crell, recueils qui satisfaisaient à la nécessité de publier les nombreuses recherches spéciales

(1) J.-J. Plenk, *Hygrologia corporis humani, seu doctrina chemico-physiologica de humoribus in corpore humano contentis*. 1 vol. in-8°. Viennæ, 1794.

(2) Jacquin, *Elementa chymiæ universæ et medicinalis*. Viennæ, 1799, t. III, p. 158.

auxquelles donnaient lieu naturellement la découverte des espèces nouvelles de composés et l'étude de celles qui étaient mal examinées. Beaucoup de ces recherches portent sur des espèces de principes immédiats ; mais c'est partout le point de vue chimique qui domine, et dans l'histoire spéciale de chaque espèce nous extrairons de ces travaux le peu de notions anatomiques qu'ils renferment. Nous verrons qu'elles se rapportent surtout à la situation du principe dans telle ou telle humeur ou tissu, à sa quantité approximative et aux procédés d'extraction qui souvent dans le principe sont plus ou moins défectueux.

606. — En 1801, parut le grand traité de Fourcroy (1) dans lequel se trouvent réunis tous les faits positifs ou crus réels sur la composition et les actes moléculaires de toutes les espèces de corps bruts et de corps organisés. Il considère la chimie comme une *science* enseignant à connaître l'action intime et réciproque de tous les corps de la nature les uns sur les autres. Mais comme il ne pense pas que la théorie doive être séparée de la pratique, il ne cherche pas à séparer la description des caractères des espèces des moyens techniques à l'aide desquels on les extrait ou on les forme artificiellement. Naturellement il en résulte ce que nous avons déjà fait remarquer d'une manière anticipée, que les espèces de principes sont décrites à propos de la description de l'humeur ou du solide qui les fournit, mais cependant plutôt chimiquement qu'au point de vue anatomique. On comprend facilement, d'après cela, que la description des principes qui se trouvent dans plusieurs liquides ou solides de l'économie se trouve nécessairement incomplète ou soumise à des répétitions, et toujours un certain nombre de points sont omis. De plus, ne séparant pas le côté scientifique du côté pratique des études chimiques dans chaque description, il est conduit

(1) Fourcroy, *Système des connaissances chimiques et de leurs applications aux phénomènes de la nature et de l'art.* 10 vol. in-8°, et 5 vol. in-4°. Paris, an IX, avec une table alphabétique et analytique des matières, formant un 10ᵉ volume distinct dans l'édition in-8°. Paris, an X. Voyez volume Iᵉʳ, p. 9 et 10.

à diviser la chimie en : 1° chimie philosophique; 2° chimie météorique; 3° chimie minérale; 4° chimie végétale; 4° chimie animale; 6° chimie pharmacologique; 7° chimie manufacturière; 8° chimie économique.

Si maintenant on examine en détail les subdivisions qui nous concernent, on reconnaît que le travail consiste à prendre successivement chaque tissu et chaque humeur pour en faire d'abord la description anatomo-physiologique proprement dite, puis à examiner l'action de chaque acide, alcali, sel, etc.; l'action de l'air, de l'eau, du calorique, de l'électricité sur ces diverses parties. Chemin faisant, lorsque, sous l'influence de ces agents, quelque principe immédiat vient à être isolé, il l'étudie de la manière que nous venons d'indiquer; mais la recherche des diverses espèces de ces corps n'est pas le but essentiel du travail. Si maintenant on fait abstraction de la description de l'urée, de la fibrine, et autres principes se rencontrant plus spécialement dans tel ou tel tissu ou humeur, cette étude n'est, comme on voit, rien autre chose que l'examen des caractères chimiques offerts par les tissus et les humeurs pris comme tels. Elle est faite d'une manière très approfondie, très étendue; elle peut être utile en histologie, mais ce n'est pas là de l'étude des principes immédiats ni de la chimie. C'est l'étude d'un des ordres de caractères statiques de toutes les parties des corps, qui doit, en anatomie, être faite à la suite des caractères d'ordre physique (*Prolégomènes*, p. 6). A la même époque, Bichat faisait des recherches de même ordre, mais en les envisageant comme elles doivent l'être, c'est-à-dire comme faisant connaître autant de caractères que présentent les tissus et qui servent à les distinguer. Seulement, placé à un point de vue plus exact, il ne leur donne que l'étendue nécessaire au sujet dont il s'agit. Ce n'est donc qu'accessoirement, et comme par suraddition à l'étude de l'influence chimique ou moléculaire des divers agents sur les divers tissus et humeurs, que se trouve faite l'histoire, plus chimique qu'anatomique, de leurs matériaux immédiats dans cet immense et laborieux ouvrage

de Fourcroy. Nulle part on ne trouve même une tentative de détermination du nombre des principes immédiats, soit pour le corps entier, soit pour une humeur en particulier, comme il en avait placé une dans ses *Eléments d'histoire naturelle et de chimie*. Il termine enfin en pénétrant complétement dans le domaine de la physiologie, en venant étudier les phénomènes chimiques qui se passent pendant l'accomplissement des diverses fonctions soit à l'état normal, soit pendant les diverses maladies ; et là l'inflammation est considérée comme s'accompagnant d'une plus grande oxydation de la fibrine qu'il n'est nécessaire pour l'état normal. Des remèdes chimiques sont proposés en conséquence, mais pourtant avec réserve.

Si donc l'histoire des principes immédiats ne se trouve pas aussi avancée par le livre de Fourcroy qu'on pourrait l'attendre, on ne peut s'empêcher pourtant de le considérer comme un admirable compendium des faits chimiques connus à cette époque. Le classement seul en est vicieux et a empêché ces faits de fournir toutes les conséquences utiles qu'on en peut tirer lorsqu'on va les prendre à cette source, en s'appuyant, bien entendu, sur une doctrine susceptible de mettre chacun à sa place. L'empiétement sur la physiologie normale et pathologique, que nous venons de signaler, doit même, pour l'époque, être considéré comme un progrès, en ce que des actes élémentaires, de nature réellement chimique, ayant lieu durant la digestion, la respiration, etc., sont appréciés exactement (ce que n'avaient pu faire les chimiatres dans leurs premières tentatives) et cessent d'être considérés comme dus à des forces imaginaires, distinctes, séparables de la substance des corps, quoique agissant en elle. Le tort se trouve uniquement du côté de ceux qui, au lieu de suivre seulement la tendance à rattacher les actes à leurs véritables conditions d'existence, pour les envisager en se plaçant au point de vue organique, ont accepté les explications telles qu'elles étaient données par les chimistes placés à leur propre point de vue, et ont voulu se baser sur elles pour en faire directement application.

Dans sa *Philosophie chimique*, Fourcroy (1) donne un tableau des *matériaux immédiats des plantes;* mais, sous ce titre, il comprend des mélanges et des humeurs, comme la séve. Quant aux principes d'origine animale, il ne fait guère que donner les caractères tirés de l'action des agents chimiques qui les distinguent des principes végétaux.

607. — Nous avons cherché à montrer comment l'étude des principes immédiats ne pouvait être conçue scientifiquement tant que l'on n'avait pas subdivisé encore l'organisme en d'autres parties qu'en appareils et en organes. Il fallait, pour la concevoir, que l'analyse eût été poussée jusqu'à l'étude des systèmes, d'une part, jusqu'à celle des tissus et humeurs, de l'autre. Alors, en effet, il devenait possible de la conduire jusqu'à ses dernières limites : 1° jusqu'à la notion d'éléments anatomiques en lesquels se subdivisent essentiellement les tissus ; 2° jusqu'à celle de principes immédiats, en lesquels se subdivisent essentiellement les humeurs, et cela sans décomposition chimique. Alors seulement on pouvait comprendre ce que sont les parties constituantes les plus élémentaires de l'économie ; comment elles sont réunies pour former la substance du corps; comment, en voulant les subdiviser davantage, on les décompose chimiquement, et l'on se trouve ainsi conduit à passer d'un ordre de notions à un autre, des notions anatomiques aux notions chimiques. D'autre part, il y a nombre de faits différents du précédent qu'il faut prendre en considération. Les principes immédiats se trouvent être presque tous des composés définis ; ils constituent, par conséquent, autant d'*espèces* chimiques lorsqu'on les envisage sous le point de vue de leur composition élémentaire, etc. Nous avons vu qu'au moment où on les sépare les uns des autres, ils perdent leurs caractères organiques, pour prendre l'état solide, généralement cristallin, des composés artificiels ou minéraux naturels ; et nous avons vu que dès lors ce n'est que sous cet état, ce n'est que d'après les nouveaux caractères qu'ils of-

(1) Fourcroy, *Philosophie chimique ou vérité fondamentale de la chimie moderne*, 3e édit. Paris, 1806, in-12, p. 366-398.

frent alors, que nous pouvons les distinguer les uns des autres, et les ranger en espèces et classes. Il résulte donc de là que, d'autre part, il était impossible de distinguer les unes des autres les espèces de principes immédiats qu'on extrayait de la substance organisée, tant que la chimie n'était pas instituée comme science, susceptible de faire connaître les espèces de corps simples ou composés, d'après leurs divers ordres de caractères, de faire connaître les lois de leurs compositions et de leurs décompositions, etc.

Les caractères, les propriétés des composés relatives à leur instabilité ou à leur fixité, étant inconnus, il était surtout impossible d'arriver à les extraire tels qu'ils sont réellement dans l'organisme.

Pourtant les notions chimiques dont nous venons de parler s'étant graduellement développées depuis Stahl, ainsi que nous l'avons vu, quant aux faits généraux d'abord, puis quant aux détails; la chimie, en un mot, s'étant développée avant que Bichat eût complété l'étude de l'anatomie dans ce qu'elle a d'essentiel, par l'examen des systèmes et des tissus, il n'est pas étonnant que Fourcroy ait continué à suivre, dans l'étude des parties du corps organisé, la marche suivie avant lui. Seulement, comme à l'époque où écrivait Fourcroy les notions chimiques s'étaient déjà considérablement perfectionnées et étendues, le côté organique de l'examen des tissus et des humeurs a peu à peu diminué devant les empiétements du côté chimique, auquel s'est jointe graduellement l'étude des composés cristallisables d'origine organique. Deux choses se sont trouvées ainsi malheureusement, mais inévitablement confondues : ce sont, d'une part, l'étude des humeurs (de plusieurs tissus aussi) et l'étude des principes immédiats; bien plus, dans cette étude des principes immédiats, confondue avec celle des humeurs, il faut remarquer que se trouvent réunis à la fois, et leur examen chimique, et ce que l'on savait de leur histoire anatomique et de leurs procédés d'extraction. De là une extrême confusion; et pour en sortir, il fallait faire table rase, pour quelques

instants, de tout ce qui a été fait sur ces différents sujets, pour y jeter ensuite un coup d'œil appréciateur, ainsi que nous avons fait; confusion qu'on ne pouvait éviter non plus qu'après avoir établi que l'élémentologie est une subdivision de l'anatomie, qu'après avoir établi l'étude des éléments anatomiques dont Bichat n'avait pas traité. De telle sorte qu'on ne pouvait point débrouiller les divers objets confondus, et restituer à l'anatomie l'étude des humeurs et celle des principes immédiats qu'après avoir suffisamment étudié les éléments anatomiques, les tissus, les systèmes, les organes, etc., pour montrer comment se lie l'étude de l'un à celle de l'autre, d'après la complication croissante ou décroissante de ces parties de l'économie.

Nous allons voir encore qu'une fois faite l'étude des systèmes et des tissus, la chimie devenant de plus en plus une spécialité, tous les chimistes ont reproduit en tout point l'ordre adopté par Fourcroy. Les médecins, devenant de moins en moins chimistes, ont considéré comme complets les fragments d'étude des humeurs et des principes confondus dans les traités de chimie. Bien plus, ils considèrent ces descriptions comme rentrant dans la spécialité des chimistes, et non comme étant du domaine de leur science.

Nous devons terminer cette appréciation des progrès dus à Fourcroy par l'exposé d'un point plus général que les précédents, et dont l'utilité, quoique indirecte, n'est pas moins réelle.

608.—On sait que l'un des *principes* ou *éléments* des corps, c'est-à-dire que l'un des corps simples ou indécomposables admis par Stahl, c'est *le phlogistique*. C'est pour lui ce *principe* des corps qui est inflammable, c'est-à-dire qui constitue la flamme, lorsque cessant d'être fixé, combiné avec la terre, l'eau ou phlegme et les sels, il se dégage. C'est du feu fixé et latent quand un corps ne brûle pas, et il forme la flamme lorsqu'il devient libre, lorsqu'il se dégage.

Ainsi l'abaissement ou l'élévation de température qui peut aller jusqu'à l'état lumineux plus ou moins intense, au lieu

d'être un simple état particulier des corps, qui peut être produit selon la nature de ceux dont il s'agit, soit par le frottement, soit par des actions moléculaires ou chimiques, c'est pour Stahl un élément, principe ou corps simple. L'admission de cette hypothèse lui permit, ainsi qu'à ses successeurs, de se rendre compte de nombre de phénomènes négligés jusqu'alors ou regardés comme impénétrables, et aussi d'instituer nombre d'expériences qui finirent par montrer que l'hypothèse était fausse. En 1774, Priestley (*loc. cit.*), sépara l'oxygène de l'air sous le nom d'*air déphlogistiqué*, lequel, retrouvé dans les acides, en 1778, par Lavoisier, fut appelé par lui d'abord *oxygine*, puis *oxygène*. Ce dernier chimiste renonça le premier au phlogistique en 1785, en tant que cause chimique et physique directe des effets observés pendant la combustion. Mais la renonciation à un principe du feu ou de la température ne fut pas complète ; il ne fit que réduire les offices de ce principe. Les effets chimiques ou acidifiants de la combustion ne sont plus attribués au *phlogistique* qui se dégage, ils sont dus au *gaz oxygène* qui se combine à un autre corps. Mais le *gaz oxygène*, il ne le considère pas comme un corps simple.

L'*oxygène simple* ou *principe* ne se trouve que combiné dans les acides et les oxydes, etc., mais jamais pur. Lorsqu'on le dégage, il se combine aussitôt à un autre *principe* ou *corps simple :* c'est le *calorique*. Ceci se déduit de ce que, lorsque l'oxygène d'un corps se dégage, devient gazeux, il abaisse la température et enlève du calorique aux corps ambiants. Ainsi, on ne peut obtenir l'*oxygène principe* que lié à quelque autre *corps simple* sous forme d'acide ou d'oxyde, ou bien sous forme de gaz oxygène neutre, quand il est lié au principe *calorique*. Par conséquent, au fond, Lavoisier et les chimistes de son époque ne renoncent pas complétement au *phlogistique* en tant que corps simple ou principe fluide d'une existence métaphysique, *mais crue réelle*. Seulement le rôle du prétendu principe est réduit à la production de l'effet physique appelé *flamme* et de l'abaissement ou élévation de

température; il prend alors le nom de *calorique* au lieu de *phlogistique*.

Quant à l'effet chimique de production d'un acide, d'un oxyde ou de cendres; il est dû à l'oxygène, qui se combine, et non plus attribué au *phlogistique*, qui se dégagerait. Le rôle chimique de celui-ci lui est donc retranché ; son rôle physique seul lui est conservé, et il le joue sous le nom de *calorique*. En 1801, Fourcroy et ses contemporains admettent encore ces idées. Il regarde encore tellement le *calorique* comme *principe* ou *élément*, qu'il range ainsi les *corps simples* ou *indécomposés* : 1° lumière, 2° calorique, 3° oxygène, 4° azote, 5° hydrogène, 6° carbone, 7° phosphore, etc. (T. I, p. 53 à 111.) Il donne les preuves de son existence comme corps, ses propriétés physiques (c'est le plus élastique de tous les fluides) et chimiques. Il tend à admettre l'hypothèse de Monge, donnée comme hypothèse, du reste, que le calorique et la lumière ne sont qu'un même corps, le feu ou calorique lui-même, sous deux états ou modifications différentes : plus divisé et doué d'un mouvement plus lent à l'état de calorique; plus dense, mais doué d'un mouvement plus rapide à l'état de lumière. Donc le calorique peut devenir lumière ou flamme, et, réciproquement, la lumière calorique. (T. I, p. 113 à 133.)

Ainsi, rien de plus métaphysique, rien de plus dépourvu de réalité que cette hypothèse du *calorique* et que celle qu'on en fait dériver. A part la réduction de son rôle à des effets purement physiques (les effets chimiques étant dus à l'*oxygène principe*, autre élément *supposé*), on voit que le *calorique* n'est guère moins métaphysique que le *phlogistique* de Stahl. Malgré l'absence de réalité du principe, l'hypothèse n'a pas moins produit des résultats tellement considérables, que l'on fait toujours dater la naissance de la chimie, comme science, de l'époque de Priestley, Lavoisier, Cavendish, Berthollet, Guyton de Morveau et Monge, sans tenir compte de la préparation si évidente due à Geoffroy, Stahl, Boerhaave, Becher et autres que nous avons cités et suivis dans leurs travaux, quant à ce qui nous concerne.

Cette hypothèse de l'*oxygène principe*, du *calorique principe*, etc., considérés comme fluides ou gaz, est connue sous le nom de *théorie pneumatique.* Sa durée fut de quelques années seulement ; elle ne fut remplacée que par la théorie électro-chimique de Berzelius, plus éphémère encore. Celle-ci même n'a encore été remplacée par rien ; elle n'a pas encore été remplacée par un exposé rationnel, sans intervention de fluides imaginaires et métaphysiques, des lois de la constitution et des actes moléculaires des corps définis, sans distinction d'origine.

Les immenses résultats de la *théorie pneumatique*, malgré tout ce qu'elle avait d'imaginaire, font voir combien sont superficielles les appréciations isolées et absolues ; c'est-à-dire combien elles sont faites dans un esprit antihistorique, dans un esprit dépourvu de la notion de filiation des faits. Ils font voir combien sont superficielles les appréciations dans lesquelles, de l'époque où l'on est placé, on ne tient pas compte de l'état où en était la science à telle ou telle époque antérieure ; où en était, par exemple, la distinction entre l'état statique et l'état dynamique dans tout ordre d'étude, entre l'anatomie et la physiologie, par exemple. Ils montrent combien sont superficielles et erronées les appréciations dans lesquelles on vient à ne tenir compte que d'une seule de ces faces des études biologiques, lorsque souvent l'auteur vivait à une époque où leur distinction était impossible. Ils montrent combien, par exemple, il faut se défier de ces appréciations, ou plutôt de cette critique, toujours perturbatrice, qui fait considérer Bichat comme ayant plus fait reculer qu'avancer la science, et cela parce que, n'ayant pas encore une notion nette des *éléments anatomiques*, et, par suite, de *propriétés vitales* (propriétés ou états dynamiques des éléments), mais seulement la notion exacte de *tissus* et de *propriétés de tissus*, il met à la place de ce qu'il ne savait pas une hypothèse, une création imaginaire de son esprit. Comme Lavoisier, ne connaissant pas encore les lois de l'abaissement et de l'élévation de température, ni bien tous les caractères de l'oxygène et

d'autres gaz, mit à la place de ce qu'il ignorait l'hypothèse du *calorique principe*. Or, l'hypothèse de Bichat, comme celle de Lavoisier, et bien plus encore, était des plus rationnelles, en ce qu'elle était susceptible d'être vérifiée ou renversée expérimentalement, et, par suite, susceptible d'être remplacée par quelque chose de mieux dès qu'on saurait plus. Elle n'était pas du genre de celles qu'on croit bonnes parce qu'elles ne sont susceptibles ni d'être renversées ni d'être vérifiées; aussi l'une et l'autre ont conduit à une admirable série de travaux de la part des successeurs, travaux qui ont eu pour résultat de mettre à la place des hypothèses un exposé rationnel bien plus général et plus étendu des lois de phénomènes réels.

Bichat mettait le système exhalant et l'absorbant, la *sensibilité organique* et la *contractilité organique*, soit *sensible*, soit *insensible*, à la place de ce qu'il ne savait pas sur les propriétés endosmotiques des membranes par rapport à telle ou telle substance dissoute, et sur les actes élémentaires de la nutrition, etc. A fin de se les expliquer d'une manière quelconque, ce qui était indispensable, il faisait là ce que fit Lavoisier pour les phénomènes qu'il était à la fois inévitable et indispensable de généraliser à son époque. Mais notez bien que ceux qui s'acharnent d'une manière si absolue et si tranchée après ces hypothèses ne tiennent, en aucune façon, compte de ces faits, qui se retrouvent chez tous les hommes qui ont systématisé les premiers une science, faits qui font de l'histoire de l'évolution humaine un seul et même corps de science aussi. Mais notez bien que ceux-là ne prennent pas en considération *que les faits physiques et chimiques* nécessaires pour établir les lois de la *nutrition* dans les éléments anatomiques, de la *sécrétion* et de *l'absorption* par les tissus, n'ont guère été découverts qu'une demi-génération après la création de ces hypothèses. Notez bien que ceux-là ne considèrent pas même que cette *sensibilité et contractilité organiques*, que ces *absorbants et exhalants* représentent, comme on le pouvait faire alors, les *propriétés vitales ou orga-*

niques végétatives citées ci-dessus et les propriétés endosmotiques des tissus. Or les unes et les autres ne pouvaient bien être connues chez les animaux qu'après avoir été bien examinées dans les plantes, où elles présentent le plus grand degré de simplicité et de netteté, parce qu'elles n'y sont pas compliquées de la sensibilité et de la contractilité dont jouissent les éléments nerveux et musculaires. Notez, enfin, que ceux-là ne rapportent pas même exactement aux éléments les propriétés vitales qui leur appartiennent essentiellement (nutrition); aux tissus, les propriétés qui, à l'état d'ébauche dans les éléments, ont leur plein développement dans les premiers (sécrétion, absorption); propriétés qui, toutes, pour être bien connues, exigeaient, sinon que l'histoire des principes immédiats fût faite, au moins que l'on eût une conception assez nette de ces espèces de corps.

C'est à ces critiques absolus, faute du véritable esprit historique ou appréciateur, que peuvent s'appliquer les remarques suivantes de M. Chevreul :

« Il y a des gens qui sont d'une sévérité extrême dans le jugement qu'ils portent sur l'homme qui a soumis un même sujet à des recherches multipliées ; *ils ne lui passent point les erreurs qu'il a commises*, et, loin de lui *savoir gré des obstacles qu'il a franchis*, *des chemins qu'il a frayés*, ils accueillent ce qu'il a fait de bien avec indifférence et comme un résultat tout simple du temps qu'il a consacré à son travail; ils réservent leurs éloges pour celui qui présente à leur curiosité, dans un court espace de temps, des travaux divers dans chacun desquels il n'y a qu'un petit nombre de faits intéressants et que l'esprit saisit sans peine, parce que, isolés, ils ne sont point un système qui exige toujours quelque étude pour être compris lorsqu'on veut en étudier la valeur. Les gens dont nous parlons ignorent que la découverte des faits saisissants, isolés, est généralement plus facile que celle des faits secondaires qui servent de lien aux premiers ; car ceux-ci s'offrant pour ainsi dire d'eux-mêmes, leur découverte est souvent le fruit du hasard. Ce n'est que lorsqu'on veut les unir avec d'autres, dis-

tinguer des faits principaux pour y subordonner ceux qui n'en sont que des conséquences, que les obstacles se multiplient et que le temps s'écoule avec une rapidité effrayante pour l'observateur qui n'aperçoit point encore de terme à ses efforts (1). »

609.—Ce que nous avons dit précédemment de la confusion inévitable faite par Fourcroy et ses prédécesseurs entre l'étude anatomique des humeurs et celle des principes immédiats, soit sous le point de vue scientifique, soit sous celui des procédés d'extraction, s'applique à ses successeurs et nous permettra d'être bref à leur égard. Les progrès qu'ont fait faire les travaux que nous allons citer se rapportent plutôt à divers principes en particulier qu'à leur histoire générale. Tels sont les mémoires publiés par Fourcroy et Vauquelin, Thénard, Gay-Lussac, Proust, Berzelius, etc., dans les *Annales de chimie*, celles du *Muséum d'histoire naturelle*, les *Mémoires de la Société d'Arcueil*, etc. Tous seront cités à propos des principes immédiats qui s'y trouvent étudiés en particulier ; surtout ceux des premiers, de Berzelius (2) et de John (3).

Ce que nous avons dit des hypothèses de Lavoisier et de Bichat nous permettra d'apprécier à leur juste valeur celles qui ont été faites sur la formation des principes immédiats. Nous disons apprécier et non critiquer ; car, bien que, par exemple, nous soyons obligé de critiquer et de renverser l'hypothèse de la *combustion* comme cause unique ou presque unique de formation des principes immédiats, ce n'est que parce qu'elle est encore admise comme telle, et pour la remplacer. On comprend combien est oiseuse la critique d'une hypothèse qui, avec le temps, a été reconnue fausse, a cessé d'être crue, comme celle du *principe calorique* ou des *absorbants*. On com-

(1) CHEVREUL, *Recherches sur les corps gras.* Paris, 1823, in-8°, introduction, p. ij et iij.

(2) BERZELIUS, *Afhandlingar i fysik, kemi, och mineralogie.* Utgifne of H. Hisinger och Berzelius. Stockholm, 1806, in-8°. — BERZELIUS, *General views of the composit. animal fluids.* London, in-8°, 1812.

(3) JOHN, *Laboratorium chemicum.* Berlin, 1808, 2 vol. in-8°. — JOHN, *Chemische untersuchungen.* Berlin, 4 vol. in-8°, 1810-1813.

prend que, dès le moment où elle n'est plus admise, où elle a été remplacée par une autre qui se rapproche plus de la réalité ou qui la représente réellement, il ne faut plus apprécier que les progrès qui lui sont dus. Quant au mal qu'elle peut avoir fait, ce n'est pas à l'hypothèse ni à son auteur qu'il faut le rapporter, il n'y en a presque pas d'exemple ; c'est à ceux qui l'ont exagérée et amplifiée, sans l'avoir préalablement soumise à un examen suffisamment approfondi ; à ceux qui, sans chercher à vérifier ces hypothèses, les ont admises comme principes. Nous ferons donc cette critique en reconnaissant que ce fut déjà un progrès que de chercher à se rendre compte du mode de formation des principes immédiats, et que, dès l'instant où l'étude de ces principes n'était pas exécutée comme partie de l'anatomie, il était difficile de se rendre compte de leur formation autrement qu'il n'a été fait.

610. — Relativement aux principes immédiats, il n'y a de nouveau dans le *Traité de chimie* de M. Thénard que le tableau des matières salines et terreuses mêlées ou combinées avec les parties molles ou solides des animaux (1). Ce sont :

Le phosphate de chaux.
Peut-être le phosphate acide de chaux.
Phosphates de soude.
— magnésie.
— ammoniaque.
Sous-carbonates de potasse.
— soude.
— chaux.
— magnésie.
Sulfate et chlorures de potassium.
— sodium.
Benzoate de potasse.
— de soude.
Acétate de potasse.
Oxalate de chaux.
Urate d'ammoniaque.
Lactate de soude.
Oxydes de fer, de silicium, de manganèse.

Pour le reste, c'est la marche suivie par Fourcroy, avec addition des résultats spéciaux contenus dans les travaux publiés antérieurement.

Il faut mentionner ici les tableaux de John (2), qui sont un simple exposé sans critique de toutes les analyses de substan-

(1) Thénard, *Traité de chimie*. Paris, 1813-1816, 1re édition, et 2e édition, 1824, 5 vol. in-8°, t. IV, p. 503.

(2) J.-F. John, *Tableau chimique du règne animal, ou aperçu des résultats de toutes les analyses faites jusqu'à ce jour sur les animaux*. Traduction française. Paris, 1816, in-4°.

ces animales (sang, urine, bile, os, cerveau, etc.) faites jusqu'à ce jour. La préface renferme une liste des principes immédiats connus jusqu'à ce jour : ils sont au nombre de vingt-quatre ; mais il faut noter que les sels représentent à eux seuls un groupe; les oxydes et alcalis un autre, et les acides phosphorique, sulfurique, etc., également un groupe. Il dit, à propos des sels, que ce groupe renferme ceux qui doivent être formés par la combinaison des oxydes et des acides ci-dessus. Cette énumération des principes renferme une courte exposition des caractères chimiques des moins connus d'entre eux, mais sans aucune donnée anatomique. Le phosphore, le soufre, le suif, l'huile de poisson, la matière séminale, sont encore considérés comme des principes. Ce recueil, qui est encore utile au point de vue historique, ne renferme, du reste, rien de nouveau.

L'urée, l'acide urique, le suif de mouton, l'albumine, la fibrine, le caséum, le beurre, étaient encore considérés par quelques chimistes et médecins comme des principes immédiats de même ordre et analysés chimiquement sur le même pied en 1817, ainsi qu'on le voit par le travail de M. Bérard (1).

611. — A la même époque environ, ou un peu avant, pour la Suède, parut la première édition du *Traité de chimie* de Berzelius. L'ordre suivi dans la *Chimie organique* est, pour les divisions générales, à peu près le même que celui adopté par Fourcroy; les subdivisions seulement sont plus nombreuses et plus précises, en raison du progrès de la science : les mêmes questions y sont traitées, mais avec plus d'exactitude et de profondeur, par les motifs que nous venons de signaler. Il établit que la propriété de vivre n'appartient pas en propre à chaque principe immédiat pris isolément, mais à la substance qu'ils forment.

Il traite ensuite de la constitution chimique des principes immédiats d'origine organique seulement, de leur stabilité ou

(1) J.-C. Bérard, *Essai sur l'analyse des substances animales* (*Annales de phys. et de chim.*, 1817, t. V, p. 291, et thèse de Montpellier, juillet 1817).

de leur instabilité. Il établit qu'il en est (albumine, fibrine, etc.) dont l'instabilité est telle qu'ils ne peuvent exister hors du *corps vivant* dans lequel ils se sont formés. Une fois séparés des parties qui se nourrissent encore, sous la plus faible influence (chaleur, air, eau), ils commencent à s'altérer, présentent les phénomènes de *fermentation et putréfaction*, et leurs éléments chimiques retournent à l'état d'où ils étaient venus. La dessiccation ou une température basse sont les seules conditions de notre *milieu* ordinaire dans lesquelles ils conservent leur existence comme espèce.

Quant à la *formation* des corps composés d'origine organique, il dit (1) : « Que, croyant avoir trouvé que les électricités sont le *primum movens* de toute activité chimique, nous pouvons former cette conjecture assez vraisemblable, que les organes des corps vivants possèdent le pouvoir de déterminer d'une manière particulière la polarité électrique des corps qu'ils produisent ; mais c'est là tout ce que nous pouvons dire à ce sujet, si nous ne voulons nous perdre dans de vaines spéculations. Les conditions dans lesquelles se forment les principes des corps organisés sont trop complexes pour que nous puissions jamais espérer pouvoir les former, sauf quelques uns des plus simples, comme l'urée. »

Relativement à la constitution des principes d'origine organique, il les regarde comme des oxydes de radicaux composés : telle est la combinaison du cyanogène avec l'hydrogène ou l'oxygène ; d'autres peuvent être formés de la combinaison ensemble de deux radicaux composés. Pour les composés formés de quatre éléments, trois entrent dans la composition du radical ; celui-ci, à son tour, est formé, soit d'un composé binaire uni à un corps simple (carbure d'azote combiné à l'hydrogène), ou par union de deux corps binaires (d'un carbure d'azote et d'un carbure d'hydrogène, par exemple). Ce radical, ainsi formé, est combiné à l'oxygène. Nous retrouverons plus loin cette hypothèse des radicaux

(1) BERZELIUS, *Traité de chimie*, 8 vol. in-8°. Traduction française, 1833, t. V, p. 10 et 11.

composés bien plus étendue et appliquée d'une manière plus précise, mais moins exacte peut-être.

A l'exception de ces données générales et de celles relatives à la fermentation dont nous avons parlé, nous ne trouvons rien de plus dans l'ouvrage de Berzelius, qui se rapporte aux principes immédiats. C'est dans l'histoire particulière de chacun de ceux-ci que nous aurons de nouveau à lui emprunter, mais seulement pour les faits de détail.

En traitant des fermentations et d'autres phénomènes de contact, qu'il considère comme dus à une force particulière, qu'il nomme *force catalytique*, ainsi que nous l'avons dit dans le chapitre précédent, il dit que probablement l'étude de ces phénomènes pourra peut-être jeter plus tard quelque lumière sur les actes moléculaires qui se passent dans les corps organisés. Or nous avons conduit à faire reconnaître la justesse de ce soupçon, en montrant qu'il y a plusieurs modes dans les actes chimiques indirects ou catalytiques, qui diffèrent par les conditions dans lesquelles ils se passent, l'intensité et la rapidité de l'acte, la nature plus ou moins complexe et la stabilité du ou des produits. Nous y avons conduit en faisant voir que ces actes chimiques qu'il faut étudier en ce qu'ils sont, sans rechercher *pourquoi* ils diffèrent les uns des autres, ont pour siége naturel les corps organisés qui seuls offrent essentiellement les conditions nécessaires à leur accomplissement (sauf quelques cas particuliers, comme la *catalyse hydrique*, et sauf les modifications secondaires que nous pouvons artificiellement apporter au phénomène dans tel ou tel but). Nous y avons conduit en faisant voir que les *catalyses* composantes ou dédoublantes sont les actes chimiques qui s'observent essentiellement dans les corps vivants, lors de la formation de leurs principes immédiats, les actes chimiques directs n'étant qu'accessoires ; en faisant voir que les *fermentations*, quoique ne s'observant pas essentiellement dans les corps organisés, sauf quelquefois les fruits mûrs, ont, pour condition d'existence, certains principes immédiats cristallisables, comme

les sucres, etc., formés eux-mêmes par *catalyse isomérique* ou *dédoublante*; qu'en un mot, les fermentations sont un des actes qui s'observent dans la destruction ou fin des principes immédiats cristallisables des êtres organisés, dans la destruction de ces êtres; en un mot, tandis que les *catalyses* s'observent essentiellement dans la formation et le maintien de l'existence de leur matière.

Nous l'avons fait reconnaître en montrant que les *putréfactions*, quoique ne s'observant pas essentiellement dans les corps organisés vivants, ont pour condition d'existence les *substances organiques*, principes immédiats essentiels des corps vivants, formées elles-mêmes par *catalyse combinante;* qu'en un mot, les putréfactions sont les actes qui s'observent dans la destruction ou fin des principes immédiats non cristallisables de la matière organisée. Ces corps sont une condition d'accomplissement de ce phénomène; difficilement détruits par les acides, ils cèdent avec facilité aux actes moléculaires de contact.

612. — Le système de chimie de Thomson ne renferme rien de nouveau à mentionner (1).

Même remarque pour la chimie organique de Gmelin, qui traite surtout des matières d'origine végétale (2).

ARTICLE IV.

PROGRÈS DE L'ÉTUDE ANATOMIQUE DES PRINCIPES IMMÉDIATS, DEPUIS L'ÉPOQUE OU LA NOTION D'ESPÈCE CHIMIQUE FUT INTRODUITE SYSTÉMATIQUEMENT DANS LA SCIENCE.

613. — C'est à M. Chevreul que l'on doit l'introduction de ce moyen logique d'arriver à se faire une idée plus exacte des corps que l'on étudie. Quoique cette idée qu'il a développée dans plusieurs des travaux que nous avons cités dans nos

(1) THOMSON, *Système de chimie*. Traduction française, 5 vol. in-8°. Paris, 1818-1822.

(2) GMELIN, *Chimie organique appliquée à la physiologie et à la médecine*. Traduction française. Paris, 1823, in-8°.

Prolégomènes, etc., n'ait pas été suffisamment prise en considération par les chimistes, ce dont nous avons fait ressortir les inconvénients, il n'est pas moins vrai pourtant qu'elle eut de l'influence sur les ouvrages que nous allons citer. Elle conduisit surtout à l'étude détaillée de chaque espèce tirée des corps organisés ; d'où bientôt, faute de comprendre qu'un composé peut être un *principe immédiat* (ce qui doit faire exécuter l'étude anatomique), on fut amené à scinder la chimie en deux, en faisant ainsi une spécialité de l'examen des espèces, d'après leur origine. Bientôt, en un mot, ne définissant pas l'espèce chimique, on ne définit pas les principes immédiats au point de vue anatomique, d'où l'une des causes d'empiétements de la chimie sur la physiologie, considérés longtemps comme très fondés.

614. — En 1823 parurent les *Recherches* de M. Chevreul *sur les corps gras* (1), dont plusieurs fragments avaient été lus à l'Académie des sciences, et publiés successivement, depuis 1812, sous forme de mémoires. L'année suivante, parut son ouvrage *sur l'analyse organique*, qui a pour but essentiel de généraliser l'application à toutes les classes de composés d'origine organique des procédés et des principes généraux appliqués par lui de la manière la plus rigoureuse à l'étude des corps gras (2).

Dans ces deux admirables ouvrages sont réunies deux qualités qui, lorsqu'elles se trouvent ensemble dans un même esprit, l'élèvent, dit la Rochefoucauld, infiniment au-dessus des autres : c'est un esprit de détail qui s'applique, avec de l'ordre et de la règle, à toutes les particularités du sujet ; c'est, en outre, un esprit dirigé par de grandes vues ; c'est un esprit doué des vues d'ensemble qui empêchent qu'on ne se perde dans les détails, et qui toutes les rendent utiles. Quoique devenus rares tous les deux, le second de ces ouvrages est

(1) CHEVREUL, *Recherches chimiques sur les corps gras d'origine animale*. Paris, 1823, 1 vol. in-8°.

(2) CHEVREUL, *Considérations générales sur l'analyse organique et sur ses applications*. Paris, 1824, 1 vol. in-8°.

beaucoup moins connu que le premier, même de beaucoup de chimistes.

Dans ces ouvrages, pour la première fois se trouve établie la notion d'*espèce* en chimie, puis comparativement dans les corps organisés. Cela fait, nous trouvons tracée, pour la première fois, une marche destinée à guider dans la description des espèces, de manière à éviter le vague auquel conduit le peu d'ordre de la plupart des traités; nous avons suivi cet exemple, en choisissant un ordre plus rationnel et plus général encore (1). L'ordre adopté par M. Chevreul est le suivant : 1° composition de l'espèce; 2° ses propriétés physiques; 3° propriétés chimiques sans décomposition de l'espèce; 4° propriétés chimiques avec changements dans sa composition; 5° propriétés organoleptiques; 6° siége de l'espèce. Pour la première fois se trouvent séparés de la description des espèces : 7° *leur mode de préparation;* 8° leur nomenclature et synonymie; 9° *l'histoire de leur découverte et celle des travaux auxquels elles ont donné lieu.*

L'analyse élémentaire et l'analyse immédiate sont distinguées l'une de l'autre avec le plus grand soin, et les cas où chacune doit être appliquée sont indiqués. Des règles sont posées, qui ont pour but d'approprier la nature des procédés à celle des corps qu'il s'agit de séparer les uns des autres sans les détruire. L'usage des dissolvants est soumis également à des règles, et plusieurs autres questions fondamentales sont posées et souvent résolues. Les principes immédiats y sont définis; ceux qui, par leur mélange et dissolution réciproque, forment la partie grasse ou huileuse des tissus et humeurs, sont décrits d'après l'ordre qui vient d'être tracé, et cela de la manière la plus rigoureuse qu'on puisse concevoir, sans que malheureusement pour la science cet exemple ait jamais été suivi. Mais les principes pris en particulier sont étudiés surtout au point de vue chimique par M. Chevreul, et non au point de vue anatomique, ainsi que nous

(1) *Prolégomènes*, p. 6. — CH. ROBIN, *Tableaux d'anatomie*. Paris, 1850, in-8°.

l'avons dit (p. 41). Enfin, il cherche à poser des principes relatifs à leur classification ; mais les faits n'étaient pas assez nombreux alors pour qu'elle fût établie, et, de plus, ce n'est qu'en se plaçant au point de vue anatomique, qu'il était possible de les classer : ce que nous avons fait au chapitre II.

615.—Kurt Sprengel fait déjà remarquer, non sans vérité, que l'on fit trop tôt servir le *système pneumatique* de Lavoisier à l'explication des phénomènes de l'organisme animal. On le fit servir avec une imprudence égale à celle des chimistes du XVII[e] siècle à baser la théorie des maladies et de l'action des médicaments. On hasarda des théories médicales chimiques qui nous laissent dans l'incertitude de savoir ce qui doit le plus nous étonner de l'audace ou de l'ineptie de ceux qui en sont les auteurs. « Évidemment, dit-il, l'application du système chimique moderne éclaircira mieux l'action des agents extérieurs sur l'économie que les conjectures arbitraires sur la figure et les figures mathématiques des éléments ; mais la plupart de nos chimiatres actuels manquent de retenue, de prudence et de connaissances suffisantes (1). »

616. — Vers cette époque, on reconnaissait de plus en plus que tous les travaux sur les solides et les liquides de l'économie n'apprenaient rien ou presque rien sur la constitution intime de ces parties. La constitution intime, en matière organisée, est, du reste, entendue de deux manières par ceux qui en parlent. Les uns, ce sont les plus nombreux, prétendent arriver à en connaître l'*essence*, la *nature intime et première*, comme si nous connaissions l'essence de quoi que ce soit, même des corps et des phénomènes de nature plus simple. Il est facile de voir que ceux-là prennent les mots pour des choses, les fluides pour des objets réels, et les signes pour la réalité. Il est facile de voir que, sur tout leur échafaudage, il est impossible de rien fonder de solide qui puisse être vérifié par l'expérience. De plus, il n'est pas toujours facile de comprendre ce qu'a voulu dire l'auteur ; car lorsqu'on prétend se

(1) K. SPRENGEL, *Histoire de la médecine*. Trad. par Jourdan. Paris, 1825, t. VI, p. 129 et 130.

placer au-dessus de la réalité pour la soumettre à de prétendus principes basés non sur celle-ci, mais sur le raisonnement seul, il faut s'attendre à voir les mots interprétés par d'autres auteurs autrement qu'on ne le fait soi-même.

Quelques anatomistes, fort peu nombreux, se bornent à constater quelles sont la nature simple ou composée, la constitution élémentaire définie ou non des composés qui forment la substance des corps. Ils comparent entre eux ceux qui entrent, ceux qui sortent et ceux qui restent ; se basant alors sur la connaissance chimique de ces composés, et, d'autre part, sur les expériences directes qui leur montrent de quelle manière ils sont dissous les uns à l'aide des autres, quelle est l'intensité de leur union réciproque, ils arrivent à se rendre compte de la manière la plus approfondie des propriétés qu'on observe sur la substance organisée, prise en elle-même. Ils peuvent, dès lors, établir des expériences basées sur ces connaissances, et, dès lors, modifier à leur avantage ou rétablir à l'état normal cette substance, ou mieux les divers ordres des parties qui en sont formées.

Cette dernière tendance fit multiplier à l'infini les travaux sur ce sujet. Mais le maintien de la séparation de la chimie en celles dites *minérale*, *végétale* et *animale*, à l'exemple des chimistes qui se bornaient à analyser les diverses sortes de matières qu'ils rencontraient, faute de théorie, commença à porter ses fruits.

617. — Tant que les recherches furent à peu près purement expérimentales et la coordination des faits purement empirique, la subordination des études était encore naturellement conservée. On sentait, en effet, que, pour faire l'analyse des plantes, il fallait avoir analysé les minéraux, et que, pour analyser les substances animales, les végétaux devaient avoir été examinés. Mais tous ces ordres de recherches ne constituaient qu'un seul ordre d'études ; nul ne cherchait à faire prédominer dans le second les considérations appartenant au premier. Le seul vice, alors inévitable, était que le procédé restant le même dans toutes ces recherches, il se

trouvait appliqué à l'étude de corps dont la constitution complexe et peu stable n'était pas en rapport avec la brutalité du moyen d'examen adopté. Mais à l'époque dont nous parlons, la description de tous les corps tant naturels qu'artificiels tirés des êtres organisés, et l'examen de leurs tissus et humeurs, prirent une telle extension, que l'on ne crut mieux faire que de séparer complétement l'une de l'autre ces diverses sortes d'études. Cela eût été logique et très utile si, de ces recherches, on eût restitué à la chimie ce qui lui appartient dans les données théoriques, et qu'on fût parti du point de vue organique pour leur approprier l'emploi des moyens chimiques. C'est ce qui ne fut fait ni dans le premier *Traité de chimie physiologique* qui ait été publié, celui de Huënefeld (1826), ni dans les suivants.

Huënefeld (1), dans de longues considérations sur la chimie physiologique et la *zoochimie*, auxquelles s'appliquent quelques unes des remarques du paragraphe précédent, établit ce fait, que l'état cristallin appartient aux corps inorganiques, ne se trouve pas dans les organismes élevés, et rarement dans les êtres inférieurs. Il étudie ensuite l'action du feu et des agents chimiques sur les matières organiques, puis leur putréfaction et leur *analyse élémentaire*. Vient ensuite l'étude des *produits immatériels* de l'organisme, tels que l'électricité, la chaleur, la phosphorescence; puis il étudie les produits matériels, il adopte le nom de *principes immédiats* que leur a donné M. Chevreul. Il établit que, pour ceux qui sont d'origine organique, ce qu'il y a d'essentiel à savoir, c'est de fixer exactement leur nature (t. I, p. 248); mais pour les sels, c'est leur quantité.

Cela fait, il passe en revue isolément l'albumine, la fibrine, la gélatine, la *mucine* ou mucus, l'*eau animale* ou sérum, sérosité, eau qu'il considère comme animalisée jusqu'à un certain degré, en raison de l'albumine et du mucus qu'elle contient (p. 266, t. I). Il étudie ensuite les graisses d'après

(1) HUENEFELD, *Physiologische chemie des menschlieben Organismus*. Leipzig, 1826, 2 vol. in-8°.

M. Chevreul, l'acide lactique, l'osmazôme. Mais toute cette étude est purement chimique, et le point de vue anatomique est entièrement subordonné au premier.

Le second volume commence par des considérations générales sur le mode de formation des substances animales. Il importe de noter ce fait, car c'est le premier auteur dans les ouvrages duquel nous trouvions cet ordre de questions traité dans un chapitre distinct. Il établit que probablement plusieurs des substances animales se forment par une modification plus ou moins grande de l'albumine : telles sont, par exemple, la substance azotée des larmes, celle de la salive, du sperme, du cristallin, qu'il considère avec raison comme autant d'espèces distinctes; tels sont encore l'urée et la substance biliaire, l'acide urique. Ainsi, sans rien fixer sur la nature chimique de l'acte par lequel se forment les principes immédiats, il pense que, depuis la chimification jusqu'aux sécrétions et excrétions, les matières organiques éprouvent une succession de métamorphoses. L'albumine se forme pendant la chimification et chylification, et ce fait concourt à caractériser ces deux actes. La fibrine, pendant la sanguification et respiration, la substance du cristallin et autres analogues, se forment chacune dans les organes où on les trouve. La substance azotée des larmes et autres, dont nous venons de parler comme dérivant de l'albumine, reçoivent pour la première fois la détermination de leur nature d'après l'appareil de sécrétion du liquide dans lequel on les trouve : c'est là où elles apparaissent, où elles se forment. Quant à l'urée, l'acide lactique, etc., ils se forment à l'aide des résidus de la formation des parties animales générales ; puis l'acide urique et le carbonique proviennent des substances particulières précédentes (urée, acide lactique).

Ainsi, nous trouvons dans Huënefeld, étudiée pour la première fois, la formation des principes immédiats. La nature *chimique* de l'acte n'est pas déterminée; mais il établit le premier que chacun d'eux a, dans l'économie, un lieu et des conditions de formation qui lui sont propres. Seulement il y

aurait, d'après lui, exception pour l'urée et l'acide lactique, puis l'acide urique et le carbonique; car il admet que ces corps ont pour matériaux les résidus de la formation de tous les autres. Il établit, de plus, qu'il y a une correspondance entre la disposition anatomique de l'organe où a lieu la formation et la nature du produit. En un mot, il subordonne la formation des principes aux conditions offertes par l'organisme, et commence par tenir compte de celles-ci, ce que n'ont pas fait tous ses successeurs.

Il recommande les moyens les moins énergiques pour extraire les substances d'origine organique. Il étudie ensuite les matières d'origine inorganique du corps; il conseille d'user alternativement de la méthode par incinération, et de celle qui consiste à déterminer par divers précipités les bases d'une part, les acides de l'autre, méthode dite *de Murray* : on peut ainsi contrôler l'une par l'autre.

Il détermine de la sorte le carbone, l'acide carbonique et les carbonates de l'économie; de même pour le chlore, l'acide chlorhydrique et les chlorures. Cette partie ne présente rien de nouveau ou intéressant à noter. Le reste du livre contient l'analyse de la matière colorante du sang, du pigment, de la *spermatine*, de quelques autres composés spéciaux; puis celle des diverses humeurs de l'économie, faite à la manière de Fourcroy avec les perfectionnements apportés depuis. Fidèle au titre de *Chimie physiologique* donné à son livre, il les classe dans un ordre physiologique, et subordonne plus que tout autre l'emploi des moyens chimiques à la constitution anatomique des parties.

618. — C'est dans le cours de physiologie de de Blainville qu'on trouve la première démonstration de la nécessité d'étudier les composés qui entrent dans la constitution de la substance des corps pour arriver à faire une analyse complète des phénomènes que présentent les corps vivants (1). Il exa-

(1) D. DE BLAINVILLE, *Cours de physiologie générale et comparée.* Paris, 1829 à 1833, 3 vol. in-8°, t. I, p. 308. (*Note sur les principes immédiats des corps organisés.*)

mine, en conséquence, d'abord, comment les éléments chimiques constituent les principes immédiats. Cela le conduit à traiter de la constitution chimique des principes. Il admet, avec M. Chevreul, qu'il est très rare que les éléments chimiques soient employés dans l'organisme à leur état de simplicité, si tant est que jamais cela ait lieu. M. de Blainville classe ensuite les principes en quatre sections qui renferment : la première, les composés communs au règne minéral et au règne organique ; la deuxième, les composés propres aux végétaux ; la troisième, ceux qui se trouvent à la fois dans les plantes et les animaux ; et la quatrième, les principes immédiats propres aux animaux. Ces sections sont divisées d'après la composition binaire, ternaire, etc., des composés. Il admet à tort comme principes l'acide nitrique, le sulfurique, le phosphorique, puis les oxydes, comme la magnésie, la soude, etc.; ce qui fait, en outre, un double emploi avec les sels formés par la combinaison de ces corps binaires.

Il fait remarquer avec M. Chevreul (*loc. cit.*, 1824), que, dans les principes d'origine organique, il y a toujours avec l'oxygène un corps combustible, comme dans les acides et oxydes minéraux naturels ou artificiels ; mais ici l'oxygène est en quantité telle, que l'élément qui joue le rôle de combustible ou de corps oxydable ne peut plus s'unir à plus d'oxygène : d'où l'on dit que ce corps est *complétement brûlé.*

Dans les principes immédiats d'origine organique, au contraire, l'oxygène est en quantité peu considérable, comparativement aux éléments oxydables, à ceux pouvant jouer le rôle de combustible ; il faudrait beaucoup plus d'oxygène dans ces composés pour que leur élément oxydable *pût être complétement brûlé*. L'expérience montre qu'avec cette particularité de composition coïncide une stabilité généralement peu considérable. Il faut joindre à cela que des éléments nombreux concourent à la constitution de ces composés, ce qui entraîne aussi une diminution de la stabilité. Cette moindre fixité des principes d'origine organique rend compte des nom-

breux et rapides mouvements de composition et de décomposition que présentent les organismes ; cela rend compte du double mouvement de combinaison et de décombinaison qui caractérise la nutrition. Nous verrons, dit de Blainville, que l'activité de la vie sera, jusqu'à un certain point, en rapport avec la proportion des composés d'origine organique, comparativement à celle des composés d'origine minérale, et aussi avec le nombre des éléments chimiques de chacun des principes du premier groupe.

619. — Peu après cette époque, parurent les recherches de M. Raspail, dont quelques unes ont trait au sujet qui nous occupe (1).

Il indique le moyen de distinguer, à l'aide du microscope, les espèces de matériaux immédiats des corps organisés, mais ses recherches portent principalement sur les cristaux des plantes, dont il figure plusieurs espèces. A l'égard des animaux, et très souvent aussi des plantes, ses recherches portent sur les éléments anatomiques ou les tissus, et non sur les principes immédiats, si ce n'est pour l'albumine et la fibrine. Aucune distinction n'étant établie entre ces différents ordres de parties, il en résulte une grande confusion des notions diverses qui s'y rapportent, d'où l'impossibilité de tirer parti de la plupart des nombreuses expériences mentionnées. C'est dans ce travail que se trouve indiquée la première opinion émise sur la constitution des principes immédiats de composition indéfinie, ou *substances organiques* constituant la plus grande partie de la masse des êtres organisés.

L'hypothèse de M. Raspail se trouve reproduite et développée dans son *Système de chimie organique* (2). Au fond, cet ouvrage n'est pas un traité de chimie ; c'est une application à

(1) RASPAIL, *Essai de chimie microscopique appliquée à la physiologie, ou l'art de transporter le laboratoire sur le porte-objet, dans l'étude des corps organisés* (*Annales des sciences d'observation*, par Saigey et Raspail, Paris, 1830, in-8°, t. III, p. 368 et suiv).

(2) RASPAIL, *Nouveau système de chimie organique*. Paris, 2[e] édit., 1838, 3 vol. in-8°, t. I, p. 400 et suiv.; et 1[re] édit. 1833.

l'examen des tissus végétaux et animaux, des éléments anatomiques et de quelques principes immédiats, de tous les moyens physiques et chimiques qu'on peut employer pour les étudier. C'est toujours ici le point de vue anatomique qui domine, et les données générales de la chimie n'interviennent que comme *hypothèses*, ne voulant pas dire que l'auteur les donne comme exprimant d'une manière absolue de quelle manière les choses se passent, mais comme « traçant la route qui se prête le mieux à la recherche des faits inconnus. » La meilleure, suivant lui, n'est pas toujours la plus durable, mais souvent celle qui mène le plus vite à son remplacement, et il est fidèle à ce principe. Son intention n'est pas, comme celle des chimistes antérieurs, et surtout de ses successeurs, de vouloir expliquer tous les phénomènes relatifs à la nutrition d'après les lois qui régissent les combinaisons et les décombinaisons des composés définis, telles que celles de la combustion du carbone ou de l'hydrogène. Toute hypothèse qu'il établit est toujours donnée simplement comme destinée à lier entre eux les faits et les actes moléculaires ou chimiques qu'il a observés en expérimentant sur des corps organisés dont la structure la plus générale est connue, mais dont il cherche à pousser l'analyse aussi loin que possible. C'est pour cela qu'il commence à diviser mécaniquement les tissus, à séparer chaque partie élémentaire à l'aide du microscope, et ensuite à reconnaître leur constitution chimique par l'emploi de réactifs appliqués à chaque espèce d'élément sous l'instrument grossissant; c'est ensuite pour lier tous les faits observés qu'il crée l'hypothèse sur la constitution des substances organiques, dont nous parlerons plus loin. Nous avons jugé cette manière de faire en la remplaçant par une autre qui tient compte, non seulement du tissu ou de l'élément anatomique, mais encore de la nature du principe qu'il faut rechercher (p. 329, § 304); ce qui ne pouvait être bien compris qu'après s'être formé une idée nette de ce que c'est que le *tissu* et l'*humeur*, l'*élément anatomique* et le *principe immédiat*. Or nous avons vu qu'il a fallu que nous établissions nous-

mêmes ces faits ; ils n'étaient pas connus à cette époque, et de là cette confusion en un seul ordre de descriptions de notions diverses ; d'où résulte une assez grande difficulté pour tirer au clair tous les faits de détail accumulés dans l'ouvrage que nous analysons. Mais, quelque prévenu que l'on puisse être à l'égard de toute idée nouvelle, quelque dépourvu de sentiment historique ou de la filiation des faits que l'on soit, on ne saurait s'empêcher de reconnaître que l'impulsion donnée par ce livre était des plus rationnelles et des plus directement utiles que l'on pût concevoir. Il est fâcheux que l'auteur, doué d'un rare courage et d'une fermeté à toute épreuve, n'ait pas établi, contrairement aux idées reçues alors, que ce n'était pas de la chimie qu'il faisait, mais bien un *système sur l'emploi des moyens physiques et chimiques applicables à l'anatomie.* Dominé plus qu'il ne le croit par les idées du temps et par l'esprit de détail, il ne sentit pas complétement quelle était la nature de la question qu'il abordait. Aussi la seule faute sérieuse qu'on doive lui reprocher, c'est de ne pas s'être franchement détaché de la domination chimique, au lieu de chercher à montrer combien la *chimie organique* se sépare de plus en plus de l'autre chimie; c'est de n'avoir pas remarqué, du point de vue anatomique où il était, que, dans cette prétendue chimie, il n'y avait rien que des fragments confondus de trois sciences, anatomie, physiologie et chimie.

Du reste, rien ne poussait à cette séparation comme ce livre ; malheureusement, cette impulsion s'est bien vite trouvée étouffée sous la domination envahissante de la chimie et sous la négligence des anatomistes, qui, poussés aussi par l'esprit de détail, n'ont jamais envisagé exclusivement qu'une partie de leur science. Les uns, négligeant l'étude des appareils et organes, n'ont vu que des éléments et se sont laissé dominer par l'instrument qui permet de les voir ; les autres, n'examinant que des organes, n'ont pas songé à les diviser suffisamment en tissus et humeurs, éléments et principes, pour étudier l'une après l'autre toutes ces parties du corps.

Après avoir fait sentir l'influence de cet ouvrage de M. Raspail sur le développement ultérieur de la partie de l'anatomie que nous étudions, et de celles qui l'avoisinent, nous allons terminer en exposant quelques uns des faits généraux réels, ou quoique n'exprimant pas la réalité que l'on peut lui emprunter. C'est ainsi que doit être faite l'histoire de la science; c'est en puisant dans nos prédécesseurs tout ce qu'il y a de bon, afin d'en tirer parti et de rendre justice à leurs efforts progressifs. Quant aux erreurs qu'ils ont commises, comme il est bien certain qu'ils ne les ont pas faites volontairement, il serait ridicule de les relever; ce serait être dépourvu des sentiments de respect et de reconnaissance que nous devons à tous ceux qui nous ont mis à même d'être ce que nous sommes. Il ne faut les relever qu'autant qu'elles ne sont pas reconnues, afin de faire éviter d'en commettre d'autres.

Quant aux hypothèses qu'ils ont avancées, quoique reconnues fausses, il faut les faire connaître comme telles, mais en faisant bien ressortir quels ont été les avantages, les progrès qui leur sont dus, les faits réels qu'elles ont conduit à découvrir par les efforts de démonstration ou d'infirmation qu'elles ont suscités. Il faut leur rendre grâces de les avoir suscitées toutes les fois qu'elles n'ont pas été faites pour tendre à faire retourner en arrière. Si elles ont fait commettre des erreurs, le tort est bien plus à ceux qui ont commis celles-ci sans examiner suffisamment l'hypothèse admise qu'à l'inventeur de l'hypothèse. Ces erreurs, il ne faut les relever que pour empêcher d'y retomber, dans le cas où déjà elles ne sont pas reconnues comme erreurs. La critique est toujours perturbatrice; elle ne doit s'adresser qu'aux vivants, qui sont là pour se défendre, et n'être faite que pour mettre à la place mieux que ce qu'on renverse. Trop souvent confondue avec la *critique*, arme négative du métaphysicien, l'*appréciation*, seule digne de l'homme de science, respectant le passé comme le présent, même dans ses fautes, sait éviter celle-ci, et puiser, pour se l'assimiler et lui rendre justice, tout le bien que nous ont laissé nos prédécesseurs.

620. — M. Raspail, dans le but de ramener à un type commun de composition les *substances organiques* qui forment la partie fondamentale des éléments anatomiques végétaux et animaux, refuse de considérer les substances azotées végétales et animales non cristallisables comme essentiellement azotées par elles-mêmes. Au lieu de les considérer comme un groupe de substances distinctes de celles qui forment la paroi résistante des cellules végétales, fait reconnu vrai chimiquement et anatomiquement, il les regarde comme analogues au fond, mais imprégnées ou incrustées d'ammoniaque; comme la paroi des cellules d'épithélium végétal est incrustée de sels calcaires qui conservent après l'incinération la forme des cellules. Ainsi, tout en ayant un point de départ anatomique, mais trop exclusif, ne tenant compte essentiellement que d'une seule des classes de principes et non de toutes trois, se laissant dominer par le point de vue chimique, cela le conduit à considérer comme accessoires, sous le rapport scientifique, des différences très réelles anatomiquement et même chimiquement. Grâce à la flexibilité des hypothèses chimiques, aidées surtout des formules que l'on peut modifier à volonté, ce que l'on prend souvent pour des modifications réelles, grâce aussi à l'analyse élémentaire de substances qui n'étaient pas pures, faute d'analyse immédiate faite avec soin, il dit « que la chimie n'était nullement fondée à diviser les *substances organiques* en substances ternaires et substances quaternaires, en substances non azotées et substances azotées, en substances végétales enfin et substances animales. » Il est vrai que la chimie, dans beaucoup de cas, n'est pas fondée à le faire, mais l'anatomie le doit. Adressé à ceux qui raisonnent sur les formules hiéroglyphiques fournies par l'analyse élémentaire de ces substances, le reproche est fondé; mais anatomiquement il ne l'est pas.

« Ainsi, dit M. Raspail, en nous renfermant exclusivement dans les attributions de la chimie, tout nous porte à croire que l'azote des substances organisées, dites *azotées*, n'y entre pas

comme élément quatrième de leur combinaison, mais comme l'élément de l'ammoniaque. » (P. 413.)

« La paroi de tout tissu organisé peut être représentée par une combinaison de la substance organique dont la gomme est le type, et d'une base inorganique ; mais la gomme étant une combinaison de carbone et d'eau, s'il était permis d'appliquer aux produits de ce règne les formules atomistiques qui représentent si bien les faits du règne inorganisé, le tissu organisé serait représenté par la formule suivante $(C + H^2 O) + \rho$; $\rho =$ une base inorganique qui peut être ou de la chaux, ou de la soude, ou de la potasse (*tissus ligneux et osseux*), ou l'ammoniaque (*tissus glutineux et albumineux*), ou le fer (*tubes de l'Alcyonelle des étangs*), ou la silice (*épiderme des Graminées et enveloppes de quelques infusoires*). » (P. 415.)

Il définit ainsi les ÉLÉMENTS ORGANIQUES DES TISSUS : « Combinaisons de carbone, oxygène et hydrogène en proportions variables, mais qui, dès qu'elles peuvent être représentées par une portion de carbone (C) et une portion d'eau (OH^2), sont aptes, en se combinant avec une base terreuse ou volatile, à s'organiser en une vésicule qui devient le germe et l'élément générateur des organes ; en sorte que la formule des parois d'un tissu est, dès ce moment, $(C + OH^2) + \rho$, en proportions croissantes et décroissantes à l'infini. » Vient ensuite l'exposé des caractères offerts par ces éléments au contact des agents physiques et des agents chimiques. Puis viennent la classification et la description des éléments des tissus, divisés en *organiques* et en *inorganiques*. Dans les premiers se trouvent à la fois des *substances organiques* comme l'albumine, des tissus comme le *musculaire*, *nerveux*, etc. ; des humeurs, le *sang*, la *lymphe*, le *lait*, les acides azotés et non azotés. Parmi les seconds se trouvent les *calculs urinaires*, le fer, la chaux, la *silice*, l'ammoniaque, les carbonates, chlorures, etc. ; les alcaloïdes végétaux pour les plantes.

On ne doit par conséquent pas être étonné de voir que nous n'avons pas d'autres faits utiles pour notre sujet à retirer de

cet ouvrage, et c'est le mélange de ces notions d'ordres divers qui en est cause.

621. — On trouve, dans le *Traité de physiologie* de Burdach, un article sur les *parties constituantes chimiques des corps organiques.* Il les divise en *organiques*, en inorganiques et en parties *constituantes éloignées.* Ces dernières sont : l'azote, hydrogène, oxygène et carbone. Les secondes : la chaux, les métaux, les acides phosphorique, urique, etc. Les premières sont : l'albumine, fibrine et autres substances voisines étudiées par les chimistes. Parmi celles-ci se trouve l'acide lactique, parce qu'il n'est pas cristallisable, ni précipité par le tannin. Mais l'urée, l'acide urique, etc., ne sont pas rangés parmi les parties constituantes du corps. A part cela, les principes qu'il admet sont ceux examinés par Berzelius, John, Huenefeld, etc. Burdach signale déjà le fait suivant que nous sommes arrivés aussi à admettre (§ 107, p. 129) : « Quant à ce qui concerne la couleur des corps, nous savons qu'elle n'est fréquemment déterminée que par l'état mécanique ou chimique de la matière, sans devoir son origine à aucune substance spéciale. » Il n'y a d'exception, selon lui, que pour le pigment noir et le cruor. Les chimistes eux-mêmes conviennent que la couleur bleue, verte, grise, brune ou noire de l'iris, dépend du mode de réfraction de la lumière qui est déterminée par sa structure (1). La plupart des substances végétales dont on se sert dans l'art du teinturier n'avaient point de couleur dans les plantes elles-mêmes, et elles n'en acquièrent une qu'aprés avoir été soumises à une certaine action de l'oxygène (2).

Tout en regardant ce qu'il dit des principes comme appartenant à la physiologie et non à l'anatomie, tout en les envisageant plus au point de vue chimique qu'au point de vue anatomique, Burdach, généralement fidèle au titre de son livre, expose encore d'autres faits relatifs aux *principes im-*

(1) Berzelius, *Traité de chimie*, 1833, t. VII, p. 460.

(2) Burdach, *Traité de physiologie considérée comme science d'observation.* Traduction française. Paris, 1837, 9 vol. in-8°, t. VIII, p. 20, 21 et suiv.

médiats, que, dans son analyse minutieuse des actes de l'organisme, il est conduit à signaler.

Il montre que les principes, comme les autres parties constituantes des corps qu'étudie l'anatomie générale, ne sont point séparés les uns des autres, mais unis ensemble. Le phosphate calcaire, par exemple, contracte une intime union avec les substances organiques. A côté de ces faits véritables, existent beaucoup d'erreurs de détail dont plusieurs tiennent à l'état de l'anatomie et de la chimie à cette époque ; mais, nous le répétons, nous cherchons à dégager toutes les racines que la stœchiologie a dans le passé, et nous apprécions les progrès dus à chacun. Quant à la critique des erreurs, le plus souvent inévitables, de nos prédécesseurs, nous laissons ce soin futile à ceux qui ont renoncé à l'exercice de la pensée sur tout autre sujet que sur ce qu'ont déjà pensé les autres.

Les parties constituantes chimiques se pénètrent réciproquement, dit Burdach : 1° Soit par imbibition. Eexemple : l'huile qui imbibe la substance cornée du poil. Mais l'exemple est faux, car cette huile est un mélange de principes unis entre eux et à la matière du poil, ou simplement déposés en gouttes ou granulations dans son canal médullaire. 2° Par dissolution : l'eau dissout les sels, et la graisse se dissout dans cette solution. Dans ces cas, qu'il range dans ceux d'*union chimique*, il y a pénétration réciproque ; c'est-à-dire que deux substances hétérogènes s'unissent ensemble de manière qu'elles ne peuvent pas être séparées l'une de l'autre ; mais que, cependant, leur combinaison ne représente point un troisième corps tout nouveau et conserve la forme d'une des substances constituantes. Elle réunit les qualités des deux parties composantes et laisse reparaître celles-ci sans changements dès qu'elles viennent à être séparées (p. 30 et 31). Quant au mode d'union chimique des parties constituantes élémentaires des substances organiques, il le regarde comme inconnu (p. 47). Il étudie ensuite les proportions des éléments chimiques du corps, puis ceux des *matériaux immé-*

diats (p. 59) ; mais comme les espèces de ceux-ci sont mal déterminées, les longs tableaux qu'il donne sont sans utilité, par suite de cette inexactitude de détermination des espèces.

ARTICLE V.

DIVISION DE LA CHIMIE EN MINÉRALE ET EN ORGANIQUE, CONDUISANT A L'ENVAHISSEMENT DE LA BIOLOGIE, ET A CONSIDÉRER TOUT CE QU'IL Y A DE CHIMIQUE DANS L'HISTOIRE DES ÉLÉMENTS, DES TISSUS ET DES HUMEURS COMME CONSTITUANT UNE SCIENCE PARTICULIÈRE.

622.—L'étude des principes immédiats semblait devoir arriver rapidement à être connue et étudiée, si l'on en juge par la netteté et les considérations remarquables de justesse par lesquelles M. Dumas (1) expose, dans sa théorie des matières organiques, comment il lui paraît impossible de séparer la chimie dite *organique* de la chimie dite *minérale*. Il ne voit pas comment on pourrait étudier l'acide oxalique, l'alcool, l'éther pur dans la chimie organique, lorsque le cyanogène, etc., fait partie des études de chimie minérale. Il reproche à Berzelius de conserver cette distinction, lui qui a si bien montré que les espèces minéralogiques sont des espèces chimiques ordinaires ; il montre comment ce qui, chez les anciens, était simple mesure d'ordre, a été considéré comme fondé en raison et scientifique. « Dans mon opinion, dit-il, il n'existe pas de matières organiques ; c'est-à-dire que je vois seulement dans les êtres organisés des appareils d'un effet lent, agissant sur des matières naissantes et produisant ainsi des *combinaisons inorganiques* très diverses, avec un petit nombre d'éléments, etc., etc. » Il renvoie, de plus, à la physiologie l'étude du ligneux, de la fibrine, de l'amidon et de tant d'autres substances qui n'intéressent le chimiste que comme matière première de ses opérations. Malheureusement, dès 1837, abandonnant ce plan, si nettement tracé dans son traité de chimie, Liebig et lui établissent la *théorie des radicaux com-*

(1) DUMAS, *Traité de chimie*. Paris, 1835, in-8°, t. V, p. 72 à 81.

posés, et, pour eux, la *chimie minérale* embrasse tous les corps qui résultent de la combinaison directe des éléments proprement dits ; puis la *chimie organique*, toutes les espèces chimiques formées par des corps composés fonctionnant comme le feraient des éléments (1).

Donnons maintenant un ou deux exemples pour bien faire comprendre ce que c'est qu'un radical ; mais notons que ces radicaux n'ont jamais pu être isolés, à l'exception du cyanogène ; que leur existence donc n'est qu'hypothétique ; qu'en un mot elle n'est admise que comme artifice logique pour se rendre compte de faits qu'on ne saurait coordonner autrement.

En supposant que le corps hypothétique NH^2, ou amide, soit le radical de l'ammoniaque, nous trouvons tout de suite qu'une *série* de composés peut être coordonnée de la manière suivante :

1. NH^2 = *amide*, radical hypothétique.
2. NH^2+H = *ammoniaque* (NH^3).
3. NH^2+2H = *ammonium*, corps hypothétique.
4. NH^2+2HS = *sulfure d'ammonium*, sulfhydrate d'ammoniaque.
5. NH^2+2HCl = *chlorure d'ammonium*, chlorhydrate d'ammoniaque.
6. NH^2+2HO = *oxyde d'ammonium*, corps hypothétique.
7. $NH^2+2HO+AzO^5$ = *nitrate d'oxyde d'ammonium*, nitrate d'ammoniaque.
8. $NH^2+2HO.SO^3$ = *sulfate d'oxyde d'ammonium*, sulfate d'ammoniaque, etc.

Soit maintenant un autre radical hypothétique, l'éthyle C^4H^5 qui existerait dans l'éther, nous aurons :

C^4H^5 = *éthyle*, radical hypothétique.
C^4H^5O = *oxyde d'éthyle*, ou éther.
C^4H^5Cl = *chlorure d'éthyle*, ou éther chlorhydrique.
$C^4H^5.O+HO$ = *hydrate d'oxyde d'éthyle*, ou alcool.

Et ainsi des autres. Comme on peut obtenir des composés qui contiennent $C^4H^5Cl^2$; $C^4H^5Cl^3$, etc., l'éther chlorhydrique deviendra le point de départ d'une autre série.

Prenons un exemple dans lequel nous procéderons en sens

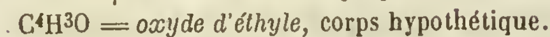
(1) Dumas, et Liebig, *Note sur l'état actuel de la chimie organique* (*Comptes rendus des séances de l'Académie des sciences de Paris*, 1837, t. V, in-4°, p. 569).

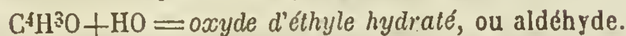
inverse, ce qui sera plus en rapport avec la marche suivie en réalité. Soit

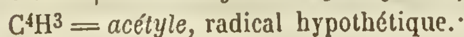

$C^4H^3O^3+HO$ = *acide acétique*,

nous pourrons avoir :


$C^4H^3O^2+HO$ = *acide aldéhydique.*


C^4H^3O = *oxyde d'éthyle*, corps hypothétique.


C^4H^3O+HO = *oxyde d'éthyle hydraté*, ou aldéhyde.


C^4H^3 = *acétyle*, radical hypothétique.

On peut obtenir un corps qui, au lieu d'avoir la formule de l'aldéhyde $C^4H^4O^2$, décomposée par les chimistes en C^4H^3O $+HO$ pour faire de l'oxyde d'acétyle hydraté, contienne du chlore au lieu d'hydrogène ; un corps, en un mot, dans lequel on a *substitué* le chlore à l'hydrogène. Vous avez alors $C^4O^2Cl^3$: c'est le *chloral*, que, pour mettre en série, on peut décomposer en C^4Cl^3O+HO.

C'est sur un tel artifice que repose la distinction que l'on a cru pouvoir établir entre la chimie dite *minérale* et la prétendue *chimie organique*. C'est ainsi que les chimistes ont cru avoir trouvé la clef de la séparation rationnelle de la chimie en deux branches, et avoir rendu scientifique l'arrangement empirique indiqué par les auteurs des deux derniers siècles, qui, par mesure d'ordre, classaient les produits obtenus d'après leur origine et non d'après leur nature. Et pourtant nul d'entre eux n'a encore fixé où elle commence, cette prétendue chimie organique, ni, à plus forte raison, où elle finit ; puisque nous avons vu et verrons encore qu'ils veulent, dans les corps organisés, expliquer tous les phénomènes de la vie nutritive à l'aide des faits chimiques. Si maintenant, laissant les extrêmes, vous pénétrez au sein de cette chimie dite *organique*, pour chercher quelle est la division intérieure et la coordination qu'ils ont établies, quel est l'ordre qui préside à cette division intérieure, vous verrez qu'il n'en règne aucun qui soit déterminé. Cela ne doit pas étonner ; car, comment coordonner les notions intermédiaires quand les extrêmes ne sont pas connus ? Nulle division fondée sur la généralité, la

simplicité et l'indépendance décroissante des phénomènes ne s'y trouve établie.

Notez, en outre, qu'il est possible que les séries que nous venons de donner pour exemple ne soient pas admises par certains chimistes telles que nous venons de les écrire. Les formules se prêtent, en effet, facilement à d'autres subdivisions, et, par suite, à d'autres arrangements, à des rapprochements avec celles d'*autres espèces de composés*. Chacun, à cet égard, a sa manière de voir, qui n'est pas tout à fait celle des autres; cela dépend un peu des corps de l'étude desquels on a fait plus particulièrement sa spécialité ; cela dépend quelquefois de ceux qu'on a découverts et qu'on tient à faire rentrer dans quelque série, etc. C'est, néanmoins, sur cette hypothèse des radicaux composés, qui n'a de valeur que pour des classements de troisième et quatrième ordre, que repose cette artificielle division de la chimie en deux parties. C'est là-dessus, néanmoins, que reposent depuis quinze ans toutes les recherches dans lesquelles, comme on dit : la science est faite pour la science.

623. — Il importait, pour ce qui va suivre, de savoir ce qu'on entend par cette théorie des radicaux composés.

Les choses en étaient là, sans que jamais les *composés définis naturels*, d'origine organique, eussent pu former des séries à eux seuls, à l'exception des sucres, en prenant l'amidon $C^{12} H^{10} O^{10}$ comme radical. L'urée, l'acide urique, l'allantoïne chez les animaux, la conicine et quelques autres corps chez les végétaux, étaient les seuls composés naturels qui pussent rentrer dans certaines séries, comme la série cyanique et celle de l'*uryle*. Jamais on n'avait tenté de faire rentrer dans les séries les substances azotées non définies, qui au contraire fussent entrées dès cette époque, complétement, dans le domaine de l'anatomie, si la marche indiquée dans le *Traité de chimie* de M. Dumas eût été suivie, et qui l'aurait été si l'on eût considéré la chimie, ainsi qu'il le voulait alors, comme une science homogène et une.

Mais survint, en 1838, le travail de Mulder sur la *pro-*

téine (1). Qu'il ait été fait indépendamment ou non de toute impulsion donnée par la théorie des radicaux composés, il n'en est pas moins vrai que ce travail réagit sur celle-ci, parut lui donner plus de force, de netteté, et sembla devoir faire considérer les substances azotées non cristallisables comme régies par cette hypothèse. Par suite, naturellement, la séparation entre deux chimies parut devoir devenir plus nette, puisque l'une des limites extrêmes semblait devoir être bientôt fixée. Par suite encore, des considérations purement chimiques, semblant devenir aussi bien applicables à des *substances organiques* (qu'on se croyait, avec raison, obligé de laisser étudier aux biologistes) qu'à tous les composés définis cristallisables, il en résulta que les considérations purement chimiques furent introduites en même temps de plus en plus avant dans l'anatomie et la physiologie.

Voici en quoi consiste le travail de Mulder : la caséine, la fibrine, l'albumine végétales ou animales, traitées par une lessive de potasse moyennement concentrée, à une température élevée, se dissolvent; alors l'acide acétique sépare de la dissolution un précipité diaphane et gélatineux, toujours le même, quelle que soit celle des substances employées.

Ce précipité, c'est la protéine ; sa formule est $C^{40} H^{31} N^{5} O^{12}$. Toutefois, pour Liebig, elle est $C^{48} H^{36} N^{6} O^{12}$, et, pour M. Dumas, $C^{48} H^{35} N^{6} O^{17}$. Inutile de décrire ici ce corps, qui est un produit comme on en peut obtenir tant qu'on en veut aux dépens des substances organiques, selon la manière dont on les attaque par les acides ou les alcalis. Nous disons qu'il est inutile de le décrire, car ce n'est ni un composé chimique défini, et par conséquent pouvant être étudié en chimie, ni un principe immédiat. L'altération subie par les principes ci-dessus est caractérisée par la disparition du soufre et du phosphore qui en faisaient partie, et se sont séparés à l'état de phosphate et de sulfure de potassium.

(1) MULDER, *Bulletin des sciences physiques et naturelles en Néerlande*, 1838, p. 110, 111, 119, et 1839, p. 16.

Maintenant si, au milieu de ces différentes formules, nous choisissons pour un instant celle de Mulder, nous aurons :

$C^{40}H^{31}N^{5}O^{12}$ = protéine (προτινω, je tiens le premier rang).
$C^{40}H^{31}N^{5}O^{12} + SPh^{1}/^{2}$ = fibrine et albumine des œufs.
$C^{40}H^{31}N^{5}O^{12} + S^{2}Ph^{1}/^{2}$ = albumine du sérum.
$C^{40}H^{31}N^{5}O^{12} + S$ = caséine.

Ainsi qu'on le voit, la protéine n'est, en définitive, autre chose qu'un radical composé, et l'albumine, la fibrine, etc., sont les dérivés de ce radical ; ils forment la *série protéique.* Voilà donc la théorie des radicaux composés importée en quelque sorte dans l'anatomie et la physiologie, et nous verrons bientôt comment, à son aide, on explique tout ce qui se passe dans l'organisme en fait d'actes nutritifs. Grâce à la flexibilité des formules, dont les trop faciles modifications sous la plume du chimiste sont considérées souvent comme l'expression de la réalité, elle permet de passer insensiblement de la *protéine* à l'urée, et même au carbonate d'ammoniaque, en parcourant une succession d'espèces, voisines les unes des autres, quoique distinctes, mais intermédiaires à ces termes extrêmes. Du reste, tous partent de la fibrine et de l'albumine toutes formées, ou de leur radical la protéine, sans avoir suivi d'abord, comment elles se forment dans les végétaux, et surtout sans avoir assez considéré qu'elles ne se forment que dans des êtres vivants.

Déjà nous avons vu Huenefeld, partant de la fibrine et de l'albumine alimentaires, les suivre dans le sang, les muscles, les mucus, etc. Il les considère comme y formant par métamorphose des espèces différentes de ce qu'elles étaient, et finissant par arriver à l'état d'urée et d'acide urique ; mais il ne parle pas de la nature de cette métamorphose. Déjà, en 1830, dans le mémoire cité plus haut, M. Raspail, partant d'un radical hypothétique $C + H^2O$, et y faisant ajouter soit une base terreuse pour la substance du ligneux dans les plantes, soit l'ammoniaque pour les substances azotées non cristallisables, tant végétales qu'animales, explique ainsi, dans tout le règne organique, comment, par des métamor-

phoses insensibles, on peut passer d'une espèce de substance à une autre.

Seulement, dans l'hypothèse de M. Raspail, il n'y a pas, à proprement parler, d'espèces distinctes ; car l'ammoniaque ou les bases terreuses ne s'ajoutent pas au radical en proportions fixes et définies, mais insensiblement ; il considère, en effet, cette addition comme une incrustation, une imbibition graduelle. Ceci expliquait merveilleusement, et trop bien même, les différences peu considérables de composition élémentaire de ces substances ; différences qui ne semblent pas toujours en rapport avec celles que présentent les propriétés de ces corps. Dans l'hypothèse de Mulder, bientôt étendue par MM. Liebig et Dumas, on passe, au contraire, d'une espèce à l'autre par des intervalles tranchés, comme s'il s'agissait de composés définis cristallisables ; car Mulder leur applique la manière de raisonner employée, à propos d'espèces chimiques, par les créateurs de l'hypothèse des radicaux composés.

Ainsi donc, quoiqu'il y ait eu sans doute indépendance dans les conceptions de ces auteurs, et différence dans les points de départ, il y a cette analogie, que Raspail et Mulder partent d'un radical. Dans le premier, c'est par des métamorphoses insensibles que l'on passe d'une espèce à une autre ; et déjà Huenefeld, qui comme lui avait un point de départ anatomique, l'avait dit aussi, mais sans rien préciser sur la nature de la métamorphose. Dans Mulder, au contraire, dont le point de départ est chimique, la séparation des espèces est plus nette ; elle est, en un mot, principalement chimique.

Que l'on jette, du reste, les yeux sur les principes de chaque classe, et l'on verra que c'est aux *substances organiques* seules qu'il est possible d'appliquer ce qu'on a dit quelquefois des principes qui passeraient d'une espèce à une autre par *métamorphose*, etc., transitions insensibles. Il est en effet évident qu'on ne pouvait l'appliquer aux principes des deux premières classes, qui sont des composés définis. Quelque rapprochée que soit la composition de deux espèces, c'est toujours par

une différence fixe, nette et tranchée, qu'elles sont séparées. Mais l'idée de métamorphose est employée souvent à tort par les chimistes dans leurs considérations chimiques, soit sur les composés définis, soit même sur les substances organiques. Elle n'est applicable qu'aux autres parties de l'organisme, celles qui sont elles-mêmes formées de *principes immédiats*, lesquels sont susceptibles de s'unir les uns aux autres en toutes proportions, soit par mélange, soit par dissolution réciproque pour former une substance nouvelle et spéciale, la *substance organisée;* substance qui peut renfermer une proportion un peu plus ou un peu moins grande de tel principe immédiat, sans perdre ses *caractères spécifiques* essentiels, sans cesser d'être organisée. Elle n'est applicable qu'aux organismes qui peuvent perdre ou acquérir des parties nouvelles telles qu'organes ou appareils, sans que ses caractères spécifiques essentiels disparaissent. Mais en chimie, il n'y a pas de *métamorphose*, pas de développement, pas d'évolution, pas d'intermédiaire entre deux phases extrêmes. Un composé perd-il une de ses parties constituantes, ou un peu de l'une d'elles, il cesse d'être lui-même, il passe à l'état d'espèce différente, nettement et brusquement. Le changement est tout aussi net et aussi fixe, quand il s'agit d'une augmentation de la proportion d'un des éléments au lieu d'une diminution.

624. — Si maintenant, avant de passer plus loin, nous envisageons à quel côté réel de l'histoire des principes immédiats se rapporte le travail de Mulder, nous verrons facilement qu'il est relatif à la *constitution chimique des principes* dits *substances organiques*.

D'une part, il est évident que ces recherches constituent une sorte de tentative empirique d'analyse immédiate de ces corps, laquelle a eu déjà cet avantage important de faire connaître la présence du soufre et du phosphore, ou simplement du soufre dans des corps considérés comme isomères, d'après leur analyse élémentaire, laquelle n'avait pu en signaler la présence, et avait conduit à confondre avec l'oxygène

ces deux corps simples. Ce fait doit être mis en évidence tant à cause de son importance intrinsèque qu'en raison de sa valeur, comme démontrant la supériorité de l'analyse immédiate des principes sur leur analyse élémentaire, ou du moins comme démontrant la nécessité de les employer l'une et l'autre d'une manière complémentaire.

Mais, d'autre part, les formules que donne Mulder montrent qu'il les envisage comme des composés définis, constitués par le radical protéique, auquel s'ajoutent du soufre et du phosphore, ou seulement du soufre. Pour lui, par conséquent, et pour la plupart des chimistes, comme le montrent leurs ouvrages, ce sont des espèces chimiques devant être étudiées dans les ouvrages qui traitent de celles-ci.

Nous avons déjà dit (p. 174, § 158, et p. 177 à 180) qu'il n'en doit point être ainsi, et que ce ne sont pas des composés définis.

Les principes immédiats des deux premières classes, pris d'une manière absolue, peuvent être étudiés sous deux points de vue différents : d'une part, comme composés définis avec tous les autres corps naturels ou artificiels qui sont dans le même cas ; d'autre part, ils doivent être étudiés en anatomie comme parties constituantes du corps. Leur étude chimique est supposée faite quand on les étudie anatomiquement.

Quant à ceux qui ne sont pas cristallisables, *les substances organiques*, aucun côté de leur histoire n'est chimique. Lors même qu'on a cru leur trouver un radical en forçant les notions chimiques et le principe expérimental de la composition définie, toute leur étude montre qu'il y a erreur sous ce rapport. Pour ces principes-là, toute leur histoire est anatomique. Tout ce que l'on doit dire d'eux au point de vue de leurs actions et de leur composition moléculaire se borne à ce qu'on dit des caractères d'ordre chimique pour toute autre partie du corps. C'est ce que nous avons fait page 139 et suivantes, en étudiant les caractères d'ordre chimique des principes immédiats, considérés dans l'organisme. Nous les avons vus, soit au contact des agents physiques, soit

au contact des agents chimiques, présenter entre eux les mêmes phénomènes de combinaisons qu'ils offrent au dehors, sauf les modifications qui résultent de leur réunion en grand nombre en un même lieu. Nous les avons vus encore, au contact des divers agents physiques et chimiques, tels que sels, acides, alcalis, etc., présenter les mêmes phénomènes de décomposition qu'ils offrent hors de l'économie. C'est sur ce fait même que repose la possibilité de l'emploi chirurgical des caustiques acides, alcalins, ou salins, tels que l'acide nitrique, la potasse caustique, le nitrate acide de mercure, etc., qui, une fois appliqués, agissent en détruisant les principes immédiats ; que nulle *force vitale* ne peut arrêter et qui ne cessent pas d'agir tant qu'ils ne se sont pas combinés molécule à molécule aux éléments des principes qu'ils détruisent ainsi.

625. — En raison du changement d'état qu'éprouvent les substances organiques, au moment de leur extraction (comme tous les principes), il faut, de même que pour les deux premières classes, examiner les caractères qu'elles offrent hors de l'organisme, caractères qui servent à les distinguer les unes des autres pendant ou après l'extraction. Mais cet examen, lorsqu'on arrive à leur composition et à leurs caractères chimiques, conduit à un résultat autre que pour ceux qui sont cristallisables.

L'action des agents physiques et chimiques n'est pas aussi nette, aussi brusquement tranchée sur eux que sur les composés cristallisables ; on arrive à des différences positives entre les différents échantillons, ce qui permet de les séparer en espèces diverses ; mais pour arriver là, il faut multiplier davantage les essais, il faut les répéter de diverses manières.

On reconnaît bientôt que leur composition immédiate est très complexe, leur composition élémentaire aussi. Cette composition immédiate n'est pas soumise à des proportions fixes, déterminées, invariables, définies. La substance peut, sans perdre ses caractères distinctifs extérieurs de coagulation, etc., posséder un peu plus ou un peu moins des élé-

ments de l'eau, par exemple. Les analyses élémentaires ne donnent pas des résultats qui soient aussi constamment les mêmes que dans le cas des composés cristallisables.

Il en résulte que l'étude des caractères d'ordre chimique de ces substances, surtout celle de leur composition immédiate et élémentaire, ne peut pas donner lieu à des considérations chimiques proprement dites. C'est-à-dire que leur composition, oscillant entre certaines limites, quoique celles-ci soient peu éloignées, elle ne peut permettre de prévoir d'une manière sûre et absolue quels sont les actes moléculaires de combinaisons ou de double décomposition qui auront lieu dans tel cas déterminé, comme on peut le faire, par exemple, pour les hippurates, l'urée, les chlorures, etc. Le peu de stabilité qui accompagne cette complication de composition ne permet pas d'assurer qu'après avoir combiné une substance organique à un acide, on la retrouvera (en reprenant l'acide par une base) telle qu'elle était avant ; comme on peut le faire, par exemple, pour l'urée et l'acide nitrique. Elle pourra avoir perdu un peu de ses éléments, ou mieux, sa constitution moléculaire immédiate pourra avoir été modifiée.

En un mot, la *constitution chimique* de ces substances doit être connue, comme celle de toute autre partie de l'organisme, même lorsqu'il s'agit de parties plus compliquées encore, telles que les humeurs et les tissus; car, autrement, leur *formation* et leur disparition ne pourraient être suivies. Eh bien, si nous les envisageons sous ce point de vue, en tenant compte de tout ce que nous enseigne leur étude faite après extraction hors de l'organisme, nous reconnaîtrons qu'on doit les considérer comme des substances dont la composition immédiate n'est pas encore connue, pas plus que celle de l'amidon, mais qu'il est possible qu'on arrive à cette connaissance quand on les étudiera par des moyens mieux en rapport avec leur nature complexe. On doit regarder comme peu fondée et même comme fausse l'opinion ancienne qui les faisait dire corps *quaternaires*, c'est-à-dire résultant de l'union directe de leurs éléments chimiques, sans qu'il fût possible de

les dédoubler successivement en corps binaires. On doit, ainsi que cela est démontré pour l'amidon, les regarder comme constitués de telle sorte qu'ils sont susceptibles d'acquérir ou de perdre un peu plus de l'un ou de plusieurs des composés encore inconnus qui les constituent immédiatement, et qu'ils deviennent alors susceptibles de passer à l'état d'espèces cristallisables : chimiques, par conséquent ; comme, par exemple, l'amidon, en prenant 4 équivalents d'eau, de non cristallisable qu'il était, cesse d'être espèce anatomique pour devenir cristallisable (glucose). On doit les regarder comme susceptibles de changer ainsi leur constitution immédiate et de devenir cristallisables dans l'organisme, comme probablement le fait l'amidon dans les plantes, quand, prenant 2 équivalents d'eau, il forme le sucre de canne, au lieu que, dans nos expériences, il en prend toujours quatre et fait du glucose.

Mais, quelque voisins que soient ces corps par leur composition élémentaire et immédiate, ils n'en sont pas moins différents, parce que, dans un cas, cette composition est définie, dans l'autre elle ne l'est pas ; les premiers n'en forment pas moins un groupe tout spécial de corps purement anatomiques, et les autres n'ont rien de particulier que de pouvoir faire partie d'un organisme vivant, et, pour certains d'entre eux, de ne pouvoir se former hors de celui-ci.

Dès qu'une substance ne cristallise pas ou n'est pas volatile, elle n'est que corps anatomique, et ce n'est qu'en la faisant passer d'un état spécifique à un autre, qu'on la rend cristallisable ; ce qui lui ôte le caractère de corps anatomique ou organique et fait entrer l'espèce de création nouvelle au nombre de celles qui sont du domaine de la chimie.

On voit ainsi combien, en instituant cette classe de principes immédiats comme corps dont l'étude appartient purement à l'anatomie (ce que prouve leur examen fait au dedans de l'organisme et au dehors après extraction) ; on voit, disons-nous, combien, par là, prend de netteté le principe de la *composition définie* des corps composés. La chimie, comme l'anatomie, se trouve ainsi également perfectionné. Cela

permet à l'une de généraliser le principe précédent, car on retire de son domaine des choses qui ne lui appartiennent réellement pas ; cela rend à l'autre l'étude complète de corps qui ne doivent pas sortir des limites qui la circonscrivent, et en même temps la force à ne pas croire qu'elle ne peut emprunter aux chimistes la connaissance de ces principes immédiats, seules substances vraiment organiques.

626. — Si, maintenant, nous envisageons ces substances organiques sous le point de vue de leur composition élémentaire, nous voyons, par les nombreuses manières dont elle a été envisagée, selon les opinions de chacun, qu'elle se prête à toutes les hypothèses. Toutes ces analyses ne nous apprennent, scientifiquement, autre chose que la nécessité de ne pas les recommencer et de s'appliquer à leur analyse immédiate, si elle est possible.

627. — Les substances organiques, envisagées au point de vue de leur constitution moléculaire ou chimique, sont donc reconnaissables comme formant un groupe de corps tout spécial dont l'étude ne fait pas partie du domaine de la chimie, et cela par les motifs suivants :

Ils ne sont pas cristallisables ; leur composition chimique est complexe, et, par suite, peu stable.

Il est d'observation qu'il en est certaines chez les végétaux en se combinant à un ou à plusieurs équivalents d'un composé défini formé des mêmes éléments que ceux qu'ils renferment, ils passent à l'état d'espèces définies, plus stables et cristallisables (amidon combiné à l'eau formant le sucre de canne et le glucose).

Il est possible que le même changement soit opéré en en retranchant au lieu d'ajouter un composé défini.

Alors serait véritablement faite leur analyse immédiate, mais cela n'a pas encore été exécuté.

On peut, de la fibrine, enlever, par des actions très faibles (comme celle de l'eau chaude, de solutions salines diverses, celles de plusieurs acides faibles, etc.), des composés divers ; ou bien, on leur fait perdre leurs premiers

caractères de coagulation, de solubilité, etc., comme par l'eau chaude, on change l'amidon en empois : c'est là le mode d'après lequel se manifeste le peu de stabilité des principes immédiats qui reçoivent le nom de substances organiques, ce sont ces changements faciles qui les font dire instables; mais ni le composé qu'on a soustrait à la substance organique, ni le corps qui, provenant de celle-ci, a pris d'autres caractères, ne sont cristallisables, définis.

La substance qui a changé de caractères physiques, qui ne se coagule plus comme auparavant, a conservé pourtant la même composition élémentaire.

Si, à la substance organique naturelle, on a soustrait une matière, elle se trouve donc subdivisée en deux substances qui diffèrent l'une de l'autre par leur composition élémentaire, et qui, toutes deux, sont différentes de la substance naturelle d'où elles proviennent; tel est le cas de la fibrine traitée par l'eau bouillante, qui donne une substance dissoute dans l'eau et une matière solide insoluble; mais ce n'est pas là ce qu'on peut appeler de l'analyse immédiate, car nul de ces produits n'est un corps défini.

Chacun de ces produits ou la substance dont on a changé les caractères n'en a pas moins la fixité de composition élémentaire qui est propre à la fibrine naturelle, etc. Nulle de ces matières n'est devenue plus susceptible d'être séparée en un certain nombre d'équivalents de deux ou plusieurs composés définis, ou de se combiner à de l'eau, etc., pour former un corps cristallisable à la manière de l'amidon quand on en fait du glucose. Sous le point de vue dont nous parlons, la fixité, l'*indécomposabilité* des substances organiques en composés plus simples est plus grande que celle de la plupart des sels, dont peu résistent aux acides puissants ou aux alcalis; tandis que les substances organiques végétales et animales ne sont pas décomposées, telles par la potasse, telles par l'acide sulfurique. Leurs propriétés physico-chimiques se trouvent changées par l'action de ces réactifs lorsqu'une fois on vient à les leur enlever, mais pas leur composition élémentaire.

C'est donc de l'instabilité que présentent ces substances organiques sous le point de vue de leur constitution chimique, mais c'est une instabilité spéciale ; elle n'est pas comparable à celle des composés minéraux définis, tels que les sels, qui peuvent se dédoubler en acide et en oxyde, etc., ni au dédoublement de l'acide hippurique en acide benzoïque, non azoté, et en glycocolle, corps azoté.

Ce changement des caractères de la substance naturelle, ou ce partage en deux matières sans passage à l'état cristallin ni combinaison à quelques équivalents de l'eau, etc., de manière à former une espèce cristallisable, sont autant de caractères spéciaux à ces substances organiques naturelles qui les séparent de tous les composés définis connus, autant que la description d'un muscle diffère de celle d'un alcali.

Si, à côté de ces motifs qui excluent ces principes du domaine chimique, on place ceux que nous avons énumérés dans les *Prolégomènes* et çà et là sur la nécessité de faire une étude anatomique des principes immédiats, on sera convaincu que l'étude des *substances organiques* ne doit être qu'anatomique. Nous disons ne doit, et non *ne peut être* qu'anatomique, parce qu'*on peut* se livrer sur elles à toutes espèces d'exercices physiques ou chimiques qu'on voudra ; mais ils ne serviront à rien qu'à embrouiller la science, comme ils le font depuis dix à douze ans, parce qu'ils seront faits en partant d'un point de vue faux et surtout spontanément irrationnel.

628. — Il résulte de tout ce qui précède qu'il faut, dans l'étude de ces principes immédiats, les prendre, autant que possible, tels qu'ils se séparent spontanément, comme la fibrine, l'albumine, et se défier surtout des prétendus principes immédiats nouveaux, tels que l'*oxyprotéine*, etc., dont nous parlerons bientôt, qu'on croit en retirer à l'aide de divers réactifs.

Quant à ceux qu'on n'extrait que difficilement, comme l'ostéine, la musculine, etc., c'est en répétant les essais de diverses manières qu'on arrive à s'assurer qu'on a une substance naturelle, un principe avec tous les caractères qu'il avait dans l'économie.

629. — Il résulte aussi de ce qui précède que la composition élémentaire des substances organiques ne peut servir que comme moyen préalable et approximatif à employer pour la distinction des espèces les unes des autres. Mais les résultats de cette analyse, si, en anatomie, ils ne servent plus que de *procédé* pour une distinction approximative des espèces, ne doivent pas être négligés. Ainsi, nous ne rejetons pas l'analyse élémentaire des substances organiques ; nous en montrons seulement les abus conduisant à se méprendre sur la valeur de ses résultats ; sur les abus qui ont fait donner à ceux-ci une valeur scientifique là où ils n'ont qu'une valeur de procédé, de moyen de distinction des espèces, sans permettre qu'on établisse à leur aide des déductions ou même des généralisations théoriques. Dans l'étude des substances organiques donc, la connaissance de la composition élémentaire est restreinte et ne s'étend pas au delà de la valeur que possède tout autre caractère chimique servant à distinguer une espèce d'une autre.

630. — Tels sont les faits relatifs à l'hypothèse de la *protéine*, et ceux qu'il fallait connaître : d'une part, pour ne pas s'exagérer la valeur des premiers et les apprécier exactement ; d'autre part, pour se rendre compte de l'influence énorme qu'ils ont eue relativement à l'extension des empiétements de la chimie sur la physiologie. Du moment, en effet, où la théorie des radicaux composés se trouvait appliquée, avec une apparente rigueur scientifique, aux parties constituantes essentielles de l'organisme, les considérations chimiques applicables aux séries de composés définis devaient l'être à ces parties constituantes. Mais dès qu'il est reconnu que ces substances ne sont pas des composés définis, que leur étude doit être faite tout entière en se plaçant au point de vue anatomique, ces considérations chimiques, si choquantes pour qui a une pleine notion de la constitution de l'organisme vivant, sont réduites à leur juste valeur. Elles sont alors facilement appréciées pour ce qu'elles valent, et le physiologiste ne se trouve plus préoccupé dans ses recherches analytiques par la pensée qu'il peut avoir laissé de côté un ordre de no-

tions qu'il aurait dû emprunter à la chimie. Il reconnaît que cette analyse des actes organiques lui revient tout entière, et qu'il ne doit emprunter à la chimie que des moyens pour expérimenter et pour distinguer les espèces de corps les unes des autres, afin de bien attribuer à chacune d'elles sa part exacte dans les actes qui se passent dans l'être vivant.

Le physiologiste reconnaît facilement qu'il ne doit pas faire ce que les chimistes ont fait, puisqu'ils ont expliqué d'avance ce qu'on ne connaissait pas encore ; puisqu'ils ont expliqué d'avance ce qu'en un mot il s'agit précisément d'étudier expérimentalement, pour généraliser ensuite ce qui est commun au plus grand nombre des cas particuliers, afin de pouvoir se diriger dans l'étude de ceux encore inconnus. Il reconnaît que les chimistes lui ont montré expérimentalement ce qu'il ne faut plus faire.

631. — Après ou en même temps que parurent les travaux de Mulder, furent publiés quelques ouvrages que nous allons analyser avant de faire connaître ceux dans lesquels les conséquences de ces recherches et de toutes les connaissances chimiques de l'époque furent poussées aussi loin qu'elles pouvaient l'être.

Il faut citer ici la thèse de M. Baudrimont sur les secours que la chimie organique a reçus du microscope (1) ; elle ne contient autre chose à signaler que ce fait : qu'il considère la partie de la chimie qui traite des tissus organiques comme de la chimie appliquée à l'anatomie générale, et non comme de la chimie proprement dite. Il ne pense pas qu'on doive séparer la chimie en organique et en inorganique. Il n'y a sur le microscope que quelques données historiques.

Lœwig fit paraître vers cette époque, son *Traité des combinaisons organiques*, dans lequel la partie spéciale commence par une étude des parties constituantes immédiates des plantes et des animaux ; mais cette étude est faite purement au point de vue chimique. Il commence par les sub-

(1) BAUDRIMONT, *Thèse de concours sur cette question* : Quel est l'état actuel de la chimie organique, et quels secours a-t-elle reçus des recherches microscopiques? Paris, in-4°, 1838, p. 77.

stances non azotées, puis viennent les substances azotées. Nous n'avons rien à puiser dans cet ouvrage, qui ne renferme de relatif à l'anatomie que ce qui se trouve déjà dans les traités antérieurs. Ce qui concerne la physiologie animale chimique n'est guère que de la chimie à propos de corps organisés (1).

Après ce que nous avons dit du traité de Huenefeld et des autres analogues, nous n'avons rien à dire de son livre intitulé : *le Chimisme dans l'organisation animale* (2). Il étudie l'action des divers réactifs sur les globules du sang, et se laisse aller à beaucoup d'hypothèses sur ces corpuscules ; il est inutile de les citer. Il examine aussi leur matière colorante l'albumine, la fibrine, la salive, le mucus et les sels du sang ; mais il y a peu à retirer de ce travail auquel plus tard nous emprunterons quelques détails.

Le *Traité de chimie animale* de Simon est écrit sur le même plan que celui de Huenefeld et des autres auteurs qui ont traité de ce sujet, avec addition, toutefois, de tous les résultats des travaux récents, mais sans que nous ayons rien à emprunter de nouveau qui soit relatif à l'histoire des principes immédiats, si ce n'est pour quelques faits particuliers qui seront cités en leur lieu (3). Il commence par une énumération descriptive des principes immédiats connus alors. Ces descriptions sont purement chimiques ; elles prennent trois pages pour tous les *principes minéraux*. Quant aux *principes organiques* qui viennent ensuite, ils sont classés en azotés et non azotés, et ces groupes sont subdivisés d'après les caractères chimiques des principaux composés qu'ils renferment. Les extraits, la glycérine, les acides oxalique et acétique, sont rangés parmi les principes. Le reste de cet ouvrage

(1) Loewig, *Chemie der organischen Verbindungen*, 2 vol. in-8°, Zurich, 1838-1839, et 2e édit., Brunswick, 1846, 2 vol. in-8°.

(2) Huenefeld, *Der chemismus in der thierischen Organisation*. Leipzig, 1 vol. in-8°, avec une planche, 1840.

(3) J.-F. Simon, *Handbuch der angewandten medicinischen Chemie*. Berlin, 1839-1841, 3 vol. in-8°. — J.-F. Simon, *Animal chemistry, with reference to the physiology and pathology of man*. Translated by Day, 2 vol. in-8°. London, 1845-1846.

contient successivement la description des humeurs et des tissus, description à la fois chimique et anatomique, comme dans les ouvrages que nous avons analysés jusqu'à présent.

632. — Nous avons déjà dit dans nos *Prolégomènes* comment, faute d'une détermination exacte de la notion de principe immédiat et de celle des sciences auxquelles leur étude appartient, on trouvait des lambeaux de leur histoire dans les traités de chimie, dans ceux de physiologie et dans ceux d'anatomie. Aussi, nulle part, ce n'est une étude complète que l'on trouve; nulle part ne sont liés les uns aux autres les différents points de leur histoire, qu'il est indispensable à l'anatomiste de connaître. On ne les trouve qu'ébauchés et comme par hasard; aussi chacun de ceux qui est pris en considération l'est à l'exclusion presque totale de tous les autres. Et de ces trois ordres d'auteurs, chimistes, anatomistes et physiologistes, les uns semblent persuadés que c'est à eux et à nul autre que reviennent ces recherches. Tels sont surtout les chimistes et les physiologistes. Les anatomistes, au contraire, ne considèrent nulle part cet ordre de parties constituantes comme faisant partie du domaine de leurs études; ils le présentent comme un préliminaire devant être emprunté à la chimie seulement. Aussi ne font-ils, en général, aucune mention des composés d'origine minérale, parce que ce sont les mieux connus chimiquement; comme s'il était possible de concevoir un organisme dans lequel manquerait ce groupe des parties constituantes qui établit de la manière la plus immédiate les relations de l'être avec les milieux ambiants. Il n'est question habituellement que des principes d'origine organique; et encore ce n'est guère que de leur étude chimique dont il est parlé, principalement pour ce qui concerne leur constitution élémentaire ou atomique, surtout une fois que fut publiée l'hypothèse des radicaux composés.

C'est ainsi, par exemple, que Gerber (1) ne donne à peu près qu'une énumération des parties constituantes du corps

(1) F. GERBER, *Handbuch der allgemeinen Anatomie des Menschen und der Haussaeugethiere.* Bern, 1840, 1 vol. in-8°, p. 3 à 11.

animal connues alors. Il les subdivise en inorganiques binaires, eau, acide chlorhydrique, *bases alcalines ou terreuses*, *chlorure*, etc.; en inorganiques simples, *fer*, *soufre*, *phosphore;* en parties salines, qui sont les lactates, margarates, urates, etc.; viennent ensuite les combinaisons animales, soit quaternaires, albumine, fibrine, etc.; soit ternaires, sucre de lait, stéarine, oléine, etc.

Henle (1), dont l'édition allemande parut en 1841, traite en peu de mots des éléments chimiques des corps organisés, de ceux qui sont à l'état de composés binaires; il indique, pour tout le règne minéral, les principes dont on trouve des cristaux formés normalement et pathologiquement. Il expose ensuite la théorie des radicaux composés. Il dit que la substance organique ne se produit que dans le développement des organismes ; puis il traite de leur décomposition, des *catalyses* glucosique, dextrinique, lactique, etc., puis des fermentations et putréfactions. Dans la deuxième section (p. 27), il étudie à part les *substances organiques*, la fibrine, l'albumine, etc., en suivant la théorie de la protéine. Il range à tort parmi les *substances organiques* l'urée, l'acide urique, le sucre de lait, l'acide lactique, les principes des corps gras. Il les sépare, il est vrai, dans autant de chapitres, selon qu'elles sont azotées ou non. Ces descriptions sont, comme celles de tous les autres savants, à peu près exclusivement chimiques. A propos de l'urée et de l'acide urique, il suit les produits artificiels qui en dérivent. Il ne décrit pas les principes d'origine minérale.

633. — Vers 1841, s'élevèrent des discussions de priorité entre Liebig et M. Dumas, relativement à la comparaison des actes chimiques qui ont lieu dans les plantes et les animaux, relativement à la formation des matières azotées dans les plantes, leur passage dans les animaux, où elles se détruisent. Nous ne jugerons pas le différend, l'idée elle-même est formulée nettement dans les passages de Sénac (1737) et

(1) Henle, *Traité d'anatomie générale, ou Histoire des tissus et de la composition chimique du corps humain*. Trad. par Jourdan. Paris, 1843, 2 vol. in-8°, t. I, p. 1 à 118.

de Van Bochaute (1786), que nous avons cités (p. 585, § 580, et p. 597, § 598) ; elle est développée dans leurs ouvrages et dans ceux de quelques autres savants d'après les connaissances du temps, comme elle l'a été par les auteurs modernes d'après les notions chimiques actuelles. Restent l'idée de la combustion des corps gras et du sucre, et celle de la formation de l'urée, de l'acide urique, etc., par oxydation des matières animales, d'où production de chaleur. Mais nous avons montré, en traitant de la formation des principes immédiats, qu'il ne se trouve pas dans l'organisme de conditions d'accomplissement d'actes chimiques aussi directs ; ce ne sont pas les conditions d'actes aussi brutalement énergiques qu'on y rencontre. Ce sont celles des actes chimiques indirects ou de contact, à effets lents, dans lesquels les espèces formées sont nombreuses, car presque jamais on ne passe d'une espèce à une autre espèce très éloignée par ses caractères ; presque toujours, en passant d'une espèce à une autre, on trouve encore dans la seconde quelques uns des caractères de la première. L'idée d'une *combustion et d'une oxydation*, c'est-à-dire de fixation directe de l'oxygène à un autre corps, ne pouvait pas venir à l'esprit des anciens chimistes dont nous parlons. Elle est de Lavoisier, et ne pouvait venir qu'à une époque où, systématisant, généralisant l'ensemble des faits chimiques connus, on crut pouvoir lier entre eux les actes se passant dans les animaux, qui n'étaient pas encore directement étudiés, à l'aide des faits connus en chimie minérale. Nous l'avons dit, ces idées d'oxydation et de combustion doivent être remplacées par celles d'*actes moléculaires ou chimiques, dits indirects ou de contact*, qui ont pour caractère de faire passer une espèce d'un état à un autre qui en diffère, mais peu ; et ainsi de suite, jusqu'à l'état de composé fixe, difficilement décomposable, ou ne se combinant qu'à l'aide d'énergiques conditions ; actes chimiques dont les analogues peuvent être produits artificiellement à l'aide de composés minéraux (1), et surtout à l'aide de ceux d'origine organique, mais dont le

(1) CH. ROBIN, *Des fermentations*. Paris, 1847, in-4°, p. 3.

type ne se trouve que dans les êtres vivants. C'est là où il faut étudier et les conditions et les actes, soit de ceux qui ont pour résultat la *formation* de composés complexes, soit de ceux qui ont pour résultat la simplification et *destruction* finale de ceux-ci mêmes.

Notez bien qu'en parlant de phénomènes chimiques de contact, soit *catalyses*, *fermentations* ou *putréfactions*, nous ne faisons pas que nous payer de mots, et que bien au contraire nous expliquons, c'est-à-dire nous lions les choses entre elles, en rapprochant celles qui se ressemblent et séparant celles qui diffèrent. Ainsi, la nature intime de la combinaison du soufre et de l'oxygène est tout aussi mystérieuse que celle d'une fermentation quelconque. L'un et l'autre de ces actes sont chimiques, c'est-à-dire moléculaires ; seulement il est évident que ceux appelés *directs* diffèrent des *indirects* par les conditions d'accomplissement d'une part, par les effets d'autre part ; et enfin les corps résultant de ces actes sont également différents les uns des autres. Ainsi des mots différents expriment des choses différentes, et non les mêmes ; et, de ces choses différentes, les premières sont plus simples, plus générales, plus indépendantes ; les secondes sont l'inverse, elles sont surtout plus spéciales, puisqu'elles n'ont lieu que dans les corps organisés ou presque uniquement à l'aide des matières qui en viennent.

Mais voyons comment, pour expliquer, c'est-à-dire lier entre eux, les actes moléculaires qui se passent dans les corps organisés, ont été mis à profit les faits généraux, ou théories établies d'après l'observation des actes qui se passent dans la matière brute.

634.—En 1841 parut la *Statique chimique des êtres organisés*, de M. Dumas (1). D'après ce que nous avons cité de ce travail (p. 240 et suiv.), on peut voir qu'il se rapporte surtout à la formation des substances organiques dans les végétaux, sans que le mode de cette formation y soit nettement déterminé.

(1) Dumas, *Statique chimique des êtres organisés*, Paris, 1841, in-8°, 1re édit.

Il se rapporte aussi à la formation des principes azotés cristallisables, et, par suite, à la disparition des substances organiques; car il regarde les premiers comme résultant d'une *combustion* ou *oxydation* de ces dernières par l'oxygène inspiré. Le sucre et les principes des corps gras sont également *brûlés* et donnent naissance aux acides lactique et carbonique. Nous avons déjà transcrit ceux des faits contenus dans ce travail, qui doivent être conservés. Quant à l'hypothèse de la combustion qui produirait ainsi la chaleur nécessaire au maintien de la température du corps, elle sera examinée plus bas. Ce même travail, à peine modifié, est reproduit dans le *Traité de chimie* de M. Dumas (1).

635.—Liebig (2) établit avec raison que la connaissance la plus exacte des tissus ne peut nous rendre compte du but qu'ils ont à remplir, et n'éclaircit en rien la nature même des actes vitaux. Le problème le plus sublime suivant lui, celui des lois de la vie, ne pourra jamais être résolu sans la connaissance exacte des forces chimiques, c'est-à-dire des forces qui n'agissent pas à distance, dont la manifestation est par conséquent semblable à celle de la cause primitive des phénomènes vitaux, et qui agissent partout où des matières hétérogènes se touchent.

Au lieu de chercher à établir les conditions d'existence et d'équilibre de la substance organisée, par l'étude des parties élémentaires ou principes immédiats qui la composent, pour ensuite observer le *mouvement* nutritif qui s'opère en elle, voir de quelle nature sont les actes qui le caractérisent et ceux qui se rapportent toujours à tel ou tel principe, Liebig, comme la plupart de ses prédécesseurs, admet qu'il y a dans l'œuf une force à l'état de repos, la *force vitale*, dont l'équilibre est détruit par des influences extérieures, la fécondation, l'humidité, l'air. Elle manifeste son mouvement en donnant naissance à une série de produits qui, quoique souvent terminés par des surfaces planes, sont loin d'affecter les formes géométriques des

(1) DUMAS, *Traité de chimie*. Paris, 1846, in-8°, t. VIII, p. 417 à 430.

(2) LIEBIG, *Chimie organique appliquée à la physiologie animale et à la pathologie*. Paris, trad. franç., in-8°, 1842, préface, p. x, etc.

minéraux. Il importe de montrer que procéder ainsi c'est établir *à priori* l'existence d'une force dont il s'agit précisément d'étudier les manifestations, et qui peut être tout autre que ce qu'on la suppose. On remarquera que c'est la tendance à la recherche de la nature première de l'essence des choses qui se manifeste ici comme chez tous les chimistes ou physiciens qui abordent l'étude des êtres vivants.

Les effets de cette tendance se manifestent aussitôt, car l'auteur regarde l'œuf comme à l'état de repos. Or, ce qu'il y a dans l'œuf, c'est de la matière dans un état particulier, dit *état d'organisation*, et l'on sait que cette matière a des propriétés que n'a pas la matière minérale ou brute, celles de *se nourrir*, de *se développer*, etc. En outre, pour que ces propriétés se manifestent, on sait qu'il faut que cette matière se trouve dans telles ou telles *conditions extérieures* ou *de milieu*, selon qu'il s'agit d'un individu parfait, d'un ovule, d'un œuf d'ovipare, d'une graine, d'une spore. Otez ces conditions, et les propriétés ne se manifestent pas ; les actes nutritifs, le développement, la reproduction, la contractilité, etc., ne se montrent pas, ou se ralentissent, ou cessent de se montrer (Rotifères), si elles l'avaient déjà fait ; absolument comme si vous aviez détruit cette matière organisée : parce qu'en effet il n'y a plus là toutes les conditions nécessaires à leur manifestation, il n'y en a plus qu'une partie. Mais nous ne savons en aucune façon s'il y a là *une force* à l'état de repos. Cette *force* est une entité mise à la place de la *notion d'organisation ;* organisation qu'il s'agit d'étudier jusque dans les moindres particules de la substance qui présente cet état, comme on a étudié les conditions extérieures ; et l'étude des principes immédiats peut seule nous faire connaître à fond cette substance.

La manière métaphysique dont le double acte nutritif, le plus général des actes organiques, est compris, se manifeste par le passage suivant : « Quant aux phénomènes de la vie supérieure et intellectuelle, on ne saurait, dans l'état actuel de la science, les ramener à leurs causes immédiates, ni, à plus forte rai-

son, à leurs causes primitives. Tout ce qu'on peut affirmer, c'est que ces causes existent, qu'elles sont immatérielles, et qu'elles n'ont rien de commun avec l'agent vital, bien que comme lui elles se trouvent liées à la matière. » (P. 5).

Nous sommes obligés de signaler ici ces points de départ généraux, car c'est sur eux que reposent par la suite toutes les interprétations.

Du moment où vous établissez d'avance des forces qui dirigent les actes que vous allez étudier (et des forces immatérielles, que vous ne connaissez pas par conséquent, que chacun donc peut envisager à sa manière); du moment où vous établissez d'avance des forces, au lieu de vous borner à voir quels sont les actes qui ont lieu dans l'organisme, après avoir toutefois préalablement et indispensablement étudié cet organisme, après avoir établi les conditions d'existence et d'accomplissement de ces actes; du moment où vous procédez ainsi au lieu de suivre la marche qui étudie l'état statique avant de systématiser l'état dynamique, vous n'êtes plus libre dans vos interprétations. En un mot, ce n'est plus là de la science d'observation, c'est du raisonnement métaphysique, à propos des actes chimiques qui caractérisent le fait appelé *nutrition*.

Comment peut-on savoir où s'arrête cette action de l'*agent vital*, lorsqu'on admet que les *forces chimiques se mettent sans cesse en opposition avec lui?* Partant d'un point de vue hypothétique sur l'antagonisme entre l'affinité, les forces chimiques et l'agent vital immatériel, sans prendre essentiellement pour point d'appui la connaissance de l'état statique ou anatomique de l'organisme, considéré successivement dans ses différents ordres de parties, afin de mettre en rapport avec chacune d'elles les actes observés selon leur complication, Liebig examine les actes chimiques qui se passent dans l'économie, soit lors de la production de chaleur, de digestion, les sécrétions du foie et du rein, la respiration, etc. Il étudie essentiellement le côté dynamique de l'histoire des *principes immédiats*, mais sans le rattacher à la notion nette de ces

parties-là du corps, sans détermination préalable des espèces de principes. Aussi c'est partout le point de vue chimique qui domine ; ce sont, en un mot, des raisonnements chimiques faits avec les connaissances du temps sur des actes moléculaires se passant dans l'organisme, mais sans tenir suffisamment compte de la constitution des tissus et humeurs, des éléments anatomiques et des principes immédiats réels. C'est ce qu'on peut voir dans la partie qui traite des *métamorphoses dans les tissus organiques*, et au chapitre intitulé : *Développement des métamorphoses à l'aide des équations chimiques*. C'est là ce que Berzelius appelait à juste titre la *physiologie de probabilité*.

Quant à la troisième partie, qui traite des caractères de la force vitale, qui est considérée comme une force motrice neutralisant les forces chimiques, elle ne fait pas partie de notre sujet ; de plus, ce que nous avons dit précédemment nous exempte d'y revenir. Les documents chimiques qui terminent l'ouvrage seront consultés dans nos chapitres spéciaux sur chaque principe, quand il sera nécessaire.

Il est parfaitement vrai, comme le dit Liebig, que les pathologistes se servent encore des moyens chimiques dans l'une des parties des corps organisés à la manière des chimistes phlogistiques ; c'est-à-dire en se bornant à les mettre au contact des acides, des alcalis, etc., et ils partent de ces faits pour faire des inductions sur les actes de l'économie, ce qui est insuffisant (p. xi). Mais il faut remarquer que les chimistes phlogistiques, important une science dans un organisme peu connu encore (surtout précisément quant aux *principes immédiats*), dont ils voulaient relier entre eux les phénomènes, n'ont pas pu rattacher chacun de ceux-ci à son véritable agent, à chacune des conditions qui en permettent l'accomplissement. S'il est vrai que les pathologistes opèrent comme les chimistes anciens, il va être facile de voir, d'après ce que nous avons dit plus haut, que les chimistes, quand ils expliquent les phénomènes des corps organisés, expliquent encore à la manière des chimistes phlogis-

tiques; et cela, toujours faute de connaître tous les principes d'une part, puis d'autre part, faute de connaître les conditions dans lesquelles ils se trouvent, c'est-à-dire la constitution des autres ordres de parties des corps vivants (éléments anatomiques, humeurs, tissus).

Lisez avec attention tout ce qui est écrit par les chimistes sur les actes se passant dans l'économie, et vous ne pourrez vous empêcher de reconnaître que leur raisonnement revient à dire : En supposant qu'on ajoute de l'oxygène à la formule de la fibrine, on peut obtenir la formule de l'acide urique; nous ne voyons pas que les choses puissent se passer autrement, donc elles ont lieu ainsi.

« Les abeilles, nourries avec du miel exempt de cire, fournissent 1 partie de cire par 20 parties de miel consommé par elles, sans que leur état de santé ni leur poids ne se modifient. Cela prouve bien que, dans l'organisme, le sucre se transforme en graisse. »

Mais gardez-vous de vous laisser aller au charme de cette manière de faire, qui n'a pour elle que sa facilité, son élégance et sa précision apparente; car ce qui est précis peut être faux, tandis que ce qui est certain peut être relatif, dépourvu de précision, comme la date de l'époque de la mort, par exemple.

Regardez-y de près, et vous reconnaîtrez qu'il manque à ceux qui examinent ces faits une notion exacte de l'ordre des divers actes organiques qu'ils étudient. Il leur manque une échelle de tous les ordres de parties des corps (1) et de toutes les notions dynamiques ou physiologiques correspondantes, qui permette de les distinguer les unes des autres d'après leur complication, etc., et en même temps de les relier sans les confondre (2). Il leur manque une échelle des ordres de caractères que présente à étudier toute partie du corps; échelle qui permet ainsi de pénétrer à chaque pas au cœur du sujet, pour revenir incessamment à sa surface, sans

(1) Voyez *Prolégomènes*, p. 6.

(2) Ch. Robin, *Tableaux d'anatomie*, 1850, in-4°, avertissement, p. 6.

jamais rien omettre ni confondre, ni dévier; échelle des caractères qui fait connaître les détails et pénètre au fond des choses, pendant que celle des ordres de parties, qui n'en parcourt que la surface, a l'avantage de tout relier; ce qui enfin permet d'aborder, avec les développements convenables, aussi bien les plus minutieux détails que les généralités les plus élevées.

Aussi, traitant des actes que manifeste la substance organique, les éléments anatomiques (fibres, cellules, etc.), les chimistes ne tiennent pas compte de leurs distinctions en végétatifs et animaux.

Ils ne tiennent pas compte de ce fait, que si, parmi ces actes, il en est un, celui de nutrition, sur lequel reposent tous les autres, en l'absence duquel nul autre n'a lieu, cela ne veut pas dire qu'il soit le plus sublime de tous; il est indispensable qu'il existe pour que les autres aient lieu; s'il se trouble, tous se dérangent. De là nécessité pour le pathologiste de le bien connaître, puis de connaître la chimie pour l'étudier, car il est caractérisé par des actes dont chacun, pris à part, est chimique; mais les autres actes sont tout aussi indispensables à connaître, et ils sont plus sublimes parce qu'ils sont plus compliqués et propres aux animaux seulement.

A l'aide d'une formation des principes immédiats, par *métamorphose* d'un principe qui s'éloigne du radical protéique en s'oxydant de plus en plus, tout est expliqué.

« Chaque proportion d'oxygène qui entre en combinaison dans l'organisme développe une proportion correspondante de chaleur.

» La somme de force disponible pour les effets mécaniques est égale à la somme de force vitale qui est propre à tous les tissus qui sont susceptibles de se métamorphoser. » (P. 249.)

« En absorbant l'oxygène, les parties vivantes se mortifient et sont éliminées à l'état de combinaisons désorganisées; mais tout l'oxygène absorbé par la respiration n'est pas employé à cette métamorphose, une partie sert à faire passer à l'état gazeux, et, par conséquent, à éloigner de l'économie

les substances qui ne lui appartiennent plus. De cette combustion résulte alors la chaleur propre à l'organisme vivant. » (P. 243.)

Il y a, dit Liebig, une connexion intime entre les conditions pour la production de la chaleur et celles pour la production des effets mécaniques; plus il y a de la première de produite, plus il y a de la seconde.

« L'observation démontre que l'économie ne renferme qu'une seule cause de production de force mécanique : c'est le passage des parties vivantes à l'état de combinaisons privées de vie.

» Partant de cette vérité, indépendante de toute théorie, nous pouvons considérer la vie animale comme étant déterminée par l'action réciproque de deux forces réciproques, dont l'une serait la *cause de l'accroissement*, c'est-à-dire de la restitution des parties, et l'autre *la cause du décroissement*, c'est-à-dire de la consommation de la matière.

» L'accroissement de la masse est effectué dans les parties par *la force vitale;* la manifestation de celle-ci dépend de la chaleur propre à chaque organe.

» La cause de la consommation ou du décroissement, c'est *l'action chimique de l'oxygène*, dont la manifestation est la conséquence d'une déperdition de chaleur et de l'emploi de la force vitale à des effets mécaniques.

» L'acte lui-même de cette consommation, nous l'avons appelé *métamorphose* ou *mutation des tissus;* il s'établit à la suite de *l'absorption d'oxygène par les parties vivantes*, *absorption qui n'a lieu que si la résistance opposée par la vitalité de ces parties à l'action chimique de l'oxygène est plus petite que cette action elle-même; dans ce cas, la faible résistance est la conséquence d'une déperdition de chaleur ou de l'emploi de la force active dans les parties organisées à des mouvements mécaniques.* » (P. 248, 249.)

« La combinaison de l'oxygène en dissolution dans le sang artériel, avec tous les principes qui ne résistent point à son

action chimique, engendre la température nécessaire à son action vitale. »

On appelle *principe morbide* toute matière, toute cause chimique ou mécanique qui troublent dans l'économie l'équilibre entre la dépense et la restitution de manière à entraîner de nouvelles dépenses. « Il y a maladie lorsque la somme de force vitale qui s'oppose aux causes de perturbation est moindre que la somme des forces perturbatrices et ne leur oppose, par conséquent, pas assez de résistance. Dans la mort toute résistance cesse de la part de l'agent vital. Tant que cet état ne s'est point établi, les parties vivantes présentent toujours une certaine résistance. »

« Le manque de résistance d'une partie vivante contre les causes de dépense, c'est, bien entendu, son défaut de résistance contre l'oxygène atmosphérique. » Si la résistance diminue, les mutations (métamorphoses) s'accroissent dans le même rapport.

Lors donc que, par l'effet de ces mutations, résultat d'un état morbide, il s'engendre plus de force qu'il n'en faut pour produire les mouvements normaux, cela entraîne accélération dans la totalité ou une partie des mouvements involontaires, ainsi qu'une élévation de température de la partie malade.

» Cela s'appelle *fièvre.*

» Lorsque, par l'effet des mutations, la force se produit en excès, celle-ci, ne pouvant être consommée que par le mouvement, se communique aux appareils du mouvement volontaire.

» Ce dernier état s'appelle le *paroxysme de la fièvre.*

» Non seulement les globules ont la propriété d'entrer en combinaison avec certains gaz, mais, en outre, leur combinaison avec l'acide carbonique est détruite par l'oxygène. Cette combinaison oxygénée redevient noire hors de l'organisme, mais alors le contact de l'oxygène ne lui rend plus la teinte rouge. » (P. 274).

Tels sont les faits se rapportant directement ou indirecte-

ment à l'étude des principes immédiats qui se trouvent dans cet ouvrage de Liebig. Les mêmes idées se retrouvent dans son *Traité de chimie organique* (1) et dans un travail (2) publié comme réponse aux objections qui lui avaient été faites par divers savants, et entre autres par Berzelius; objections dont on a vu le sens par le passage que nous avons cité page 49.

636. — Toutes les fois que d'un ouvrage on extrait seulement les passages qui formulent de la manière la plus caractéristique les idées principales de l'auteur, celui-ci peut toujours faire reproche de ce qu'on a pas reproduit aussi les faits apportés à l'appui de ces idées. Mais ces faits ne sont autres que ceux qui forment une petite portion du premier chapitre de ce volume et de tout le volume suivant. Que l'on remonte aux sources dont nous tirons des extraits, et l'on verra que nous reproduisons tout ce qu'il y a de caractéristique et d'utile à connaître. Que servirait, du reste, de faire un historique qui n'exemptât pas chacun de recommencer le travail qu'a fait celui qui le publie. Il est vrai aussi qu'en ne prenant en considération qu'un certain nombre des principes immédiats et non tous, de quelque ordre qu'ils soient, on trouvera, en effet, que chaque auteur peut paraître avoir raison et le soutenir. Mais la solution d'un problème est fausse ou inutile quand elle ne s'applique qu'à un ou deux cas particuliers de ce problème, sans les embrasser tous; surtout si en même temps la solution est donnée comme générale ou d'une manière assez vague pour qu'elle paraisse telle.

On verra aussi qu'ils pourront paraître avoir raison, si au lieu de prendre en considération tous les côtés de l'étude des principes immédiats, on n'envisage qu'un ou deux ordres de leurs caractères, ou bien seulement les phénomènes de leur formation, sans tenir compte de toutes les conditions d'ac-

(1) LIEBIG, *Traité de chimie organique*. Trad. franç. Paris, 1843, 3 vol. in-8°, t. III, p. 350.

(2) LIEBIG, *Bemerkungen ueber das Verhaeltniss der Thierchemie zur Thierphysiologie*. Heidelberg, in-8°, 1844.

complissement de ces actes, qui diffèrent naturellement, selon chaque espèce de principe. Il est évident qu'en prenant en quelque sorte au milieu de tous ces faits minutieux, mais indispensables à connaître, quelques uns d'entre eux et laissant les autres, on peut à leur aide soutenir d'une manière spécieuse, mais fausse, telle ou telle hypothèse. Nous disons fausse, nous le répétons, parce qu'une explication est fausse lorsque, dans un certain nombre de faits de même ordre, elle ne choisit et n'embrasse qu'un petit nombre d'entre eux et néglige les autres.

De plus, dans les derniers ouvrages que nous venons d'analyser, on explique par des actes de *combustion* ce qui se fait par des actes chimiques indirects ou de contact de l'ordre des catalyses, phénomènes déjà moins énergiques que les fermentations. Il est vrai qu'en montrant que ce ne sont pas des combustions qui se passent dans l'organisme, mais des actes chimiques indirects, cela ne change rien à ce qui se passe dans l'économie ; les résultats, les composés qui sont le produit de ces actes ne sont pas changés, mais cela nous permet d'arriver à modifier ces résultats dans tel ou tel but ; par conséquent, il est important de se rapprocher autant que possible et de plus en plus de la réalité. En effet, comme nous expliquons, c'est-à-dire nous lions les faits entre eux afin de modifier les uns à l'aide des autres, si une explication est fausse, elle entraînera à employer, pour modifier les actes, des moyens qui ne sont pas en rapport avec eux, qui par conséquent seront mauvais. Nous disons qu'il en est ainsi, car il n'y a presque jamais de traitement d'une maladie, d'emploi d'un médicament, d'expérience physiologique, etc., qui soient entièrement empiriques ; ceux qui veulent le plus s'affranchir d'une direction hypothétique ou théorique sont forcément de temps à autre guidés par une conception explicative quelconque. Il faut, du reste, tellement une hypothèse pour raisonner sur les phénomènes simples ou complexes qu'ils observent, qu'on entend tous les jours parler de la combustion du sucre, des matières azotées, etc., comme d'un

fait des mieux démontrés ; et il est certain qu'il faut nécessairement avoir une théorie pour cet ordre de phénomènes. Mais ce qu'il importe de savoir, c'est que l'hypothèse admise aujourd'hui n'est pas en rapport avec les faits observés. C'est ce qu'on voit lorsqu'on tient compte de l'histoire de tous les principes immédiats, et il faut la remplacer par l'idée d'une simplification graduelle des espèces compliquées, qui se décomposent, se dédoublent en espèces plus simples ; et cela en présentant des phénomènes moins brutaux, moins directs, moins énergiques que ceux observés dans le règne minéral. Ce n'est qu'autant que dans l'organisme les actes se passent directement entre principes d'origine minérale, qu'on voit de pareils phénomènes ; mais quand les principes d'origine organique sont en jeu, ce sont des catalyses composantes ou dédoublantes qui ont lieu.

637. — Si maintenant nous examinons quel est le côté réel de l'histoire des principes immédiats qui se trouve traité dans ces ouvrages, nous pouvons reconnaître que c'est de leur formation et de leur fin ou destruction dont il est question. C'est la seule partie réelle de cette étude qu'ils aient été entraînés à étudier, en raison du point de vue chimique dont sont partis les auteurs. Des autres parties, il n'en est pas question. De plus, il n'est pas traité de la formation de tous les principes immédiats. Il n'est question que de la formation de l'urée et de l'acide urique par oxydation de la fibrine et de l'albumine; puis de la formation du sucre, de celle des principes des corps gras par celui-ci, de celle de l'acide lactique et de celle de l'acide carbonique par combustion du sucre et des principes des corps graisseux.

Quoi qu'il en soit, il faut reconnaître que c'est pour la première fois que ce côté de la stœchiologie se trouve abordé, au moins d'une manière générale et susceptible de conduire à des résultats de plus en plus précis et utiles. Il est donc tout aussi important d'observer que ces travaux constituent un progrès très marquant de cette partie de l'anatomie, qu'il était nécessaire de faire voir la nécessité de substituer à

cette manière trop chimique ou inorganique d'envisager les choses, une théorie plus organique et plus générale ; c'est-à-dire exprimant ce qu'on a observé comme étant commun à tous.

Il faut également observer que lorsqu'il s'agit d'appliquer l'hypothèse de la combustion à quelques cas spéciaux, comme par exemple, à l'oxydation supposée de la fibrine, quelques chimistes donnent les formules comme pouvant représenter la nature du phénomène, mais ils font remarquer qu'on ne pourrait affirmer que les choses aient lieu réellement comme les formules l'indiquent.

638. — Nous mentionnerons actuellement le *Traité de chimie physiologique* de Lehmann, paru en 1841-42, d'après la 2e édition publiée récemment (1). L'auteur, dans son introduction méthodique, traite de l'emploi de la chimie, comme moyen d'arriver à se rendre compte des phénomènes physiologiques et pathologiques. Il s'élève énergiquement contre les empiétements des hypothèses chimiques dans l'étude des corps organisés, qui en ont fait une *métaphysiologie* qui est à la physiologie ce que la métaphysique est à la physique. Les théories chimiques ne sont, en effet, alors autre chose que des raisonnements métaphysiques à propos de phénomènes organiques. Elles conduiraient à assimiler la biologie à la métaphysique ou science des choses dont on ne sait rien, comme par la recherche de la nature intime ou essence des corps on a conduit autrefois la *physique* à devenir de la *métaphysique*. Par toutes ces hypothèses, dit Lehmann, il s'est introduit dans la physiologie, mais principalement dans la pathologie, une quantité de *fictions* chimiques qui ont pris la place de leurs mères, les fantaisies de la physiologie de la nature, et par lesquelles la médecine a été plongée dans un nouveau labyrinthe dépourvu de véritables théories (p. 5). Il montre comment, d'une part, ceux qui s'occupent de chimie pathologique n'ont souvent aucune ou

(1) LEHMANN, *Lehrbuch der physiolosichen Chemie*. Leipzig, 1841-1842, 2 vol. in-8°. Et 2e édit., Leipzig, 1850-1851, 3 vol. in-8°

fort peu de connaissances des phénomènes des corps vivants, tandis que les adhérents à l'école anatomo-pathologique se servent de phrases et *de fictions* chimiques afin de paraître en droit d'être crus, tandis qu'ils ne sont rompus ni à l'emploi des procédés, ni à la conception des actes moléculaires ou chimiques. Il cite de nombreux exemples qui le prouvent, et que nous ne citerons pas de peur de voir trop de ceux qui nous touchent de près reconnaître leurs œuvres. En effet, comme nous l'avons dit, notre intention n'est pas d'aller poursuivre jusque dans les détails des travaux louables dans leur but, mais dont l'inutilité et les erreurs ne tiennent qu'au manque de conviction et de direction philosophique qui caractérisent la génération scientifique qui s'éteint ; au manque de notions d'ensemble sur la biologie d'une part, et la chimie de l'autre ; et à l'érudition mise à la place de l'observation et prise pour la science.

En conséquence des faits mentionnés plus haut, Lehmann pense que la chimie doit être soumise à une discipline scientifique.

Rien de plus net et de plus vrai que toute la critique signalée plus haut, ainsi que le but qu'on doit se proposer d'atteindre ; mais malheureusement ce but n'est pas atteint dans le livre de Lehmann, et la marche suivie fait facilement comprendre pourquoi.

D'abord il admet deux chimies : une chimie minérale et une organique, et, de plus, une chimie physiologique qui renferme en outre la zoochimie. Il dit, en effet : « Les bases les plus fortes de la chimie physiologique doivent être cherchées dans la chimie organique générale. La science des *substratum* organiques du corps animal, ou *zoochimie*, dans le sens restreint du mot, doit, d'après cela, former une partie intégrante de la chimie physiologique, et servir comme de levier le plus puissant pour son développement.

» Mais pour que la zoochimie remplisse son but, il faut qu'en elle le point de vue chimique soit amalgamé avec le côté physiologique ; c'est-à-dire que chacun des principes doit être

exactement exploré, non seulement sous le rapport de sa valeur chimique, d'une manière complète et d'après sa situation dans la chimie organique pure ; mais sa description doit aussi en même temps embrasser l'exposé des rapports les plus généraux que chaque principe peut avoir dans l'organisme animal et ses parties constituantes. » (P. 11.)

On voit, par ce qui précède, combien nous avons raison d'insister partout sur l'importance du point de départ, en quelque ouvrage que ce soit ; sur le point de départ et les doctrines des auteurs.

De ce que, pour faire l'histoire anatomique des composés qui sont des principes immédiats, il faut déjà en connaître le côté chimique, il considère que ces deux études doivent être amalgamées. Nous renvoyons ici à ce que nous avons dit p. 64, § 48. C'est là une des premières conséquences de l'absence de notions suffisamment précises sur la coordination des sciences fondamentales, et sur ce principe qui en découle, que : toute *science qui en précède une autre* dans leur classification hiérarchique peut être changée pour celle-ci en *moyen d'exploration*. Voyez ensuite où conduit l'absence des notions préalables suffisamment exactes sur la subdivision intérieure de chacune des sciences fondamentales (1), sur la distinction entre l'état statique des corps et son étude d'une part, et l'étude de l'état dynamique de l'autre. Elle conduit à l'admission d'une chimie organique, d'une chimie physiologique, qui a pour partie intégrante la zoochimie. Maintenant, où commence cette chimie organique et où finit-elle? Où commence cette chimie physiologique? où finit-elle? Comment serait-il possible, avec un point de départ aussi peu consolidé, quant aux notions les plus générales, indispensables à l'étude des plus compliquées et des plus spéciales, comment ne pas être entraîné malgré soi à laisser dominer le point de vue chimique? Aussi, après ce remarquable exposé critique de

(1) Voyez *Prolégomènes*, p. 6. — CH. ROBIN, *Du microscope et des injections*, etc. Paris, in-8°, 1849, 2e partie, p. 27, 37, 47. — *Tableaux d'anatomie*, in-4°. Paris, 1850, avertissement.

tout ce qu'ont eu de nuisible les résultats des empiétements de la chimie sur la physiologie et la pathologie, Lehmann est conduit à suivre la même marche générale, ou à peu près, que les auteurs des livres ayant le même titre que le sien.

Il n'y a, de plus, qu'une extension plus grande donnée à l'étude de chaque composé pris à part, de manière à former un volume précédant l'étude des humeurs, qui forme le tome II, et celle des parties solides, qui est le tome III et dernier de la 2e édition. Notez bien que ce ne sont pas les lactates, hippurates, etc., qui sont étudiés, pris dans l'organisme tels qu'ils se trouvent et partout où ils se trouvent : ce sont les acides oxalique, urique, hippurique, etc. Pour chacun ensuite, lorsqu'il est question de ses *rapports physiologiques*, il est dit qu'il se trouve dans telles ou telles parties du corps uni à la soude, la chaux, etc. ; en sorte que, pour tous les principes immédiats qui sont des sels, ce ne sont pas les principes immédiats eux-mêmes qui sont étudiés, ce sont leurs acides. Il n'y a d'exception que pour les sels d'origine minérale.

Fidèle à son plan, il donne d'abord de chaque composé une description purement chimique, suivie de ce qu'il appelle les rapports physiologiques, où se trouve traité ce qui concerne le côté anatomique et le rôle physiologique de chaque principe. Mais souvent cet exposé est incomplet, parce qu'il n'est pas fait méthodiquement. Chaque article est terminé par l'étude de la *formation* du composé. C'est le premier ouvrage dans lequel ce point de leur histoire se trouve exposé à propos de chaque espèce.

Les composés décrits en premier lieu sont ceux qui sont cristallisables et d'origine organique ; ils sont divisés en groupes ou séries chimiques, comme dans les traités de chimie. Cette étude se termine par celle des *extraits*, que nous avons dit ne pas être des principes, et qu'il considère comme des facteurs importants des humeurs animales. En second lieu, il étudie les *substances* neutres azotées, qu'il appelle *principes histogénétiques*. Mais il faut remarquer que ce ne sont pas les tissus que ces substances forment, mais bien les

éléments anatomiques et les humeurs, et encore elles ne forment celles-ci qu'en moindre proportion, comparativement aux autres principes. Quoique cette remarque puisse paraître puérile, il importe cependant de faire observer qu'elle ne l'est nullement, car la détermination des divers ordres de parties du corps et du rang que doit occuper chacun d'eux par rapport aux autres est d'une grande importance en cette matière, et elle influe sur tout le reste des études de chaque principe, élément, tissu, humeur, système, etc.

Dans l'étude de ce groupe de principes, Lehmann admet l'hypothèse de la protéine. Il décrit successivement, parmi ceux qui se trouvent dans les mammifères, l'albumine, la fibrine, la globuline, la caséine, la *trioxyprotéine*, le *mucus animal*, la *gélatine* et la chondrine. En dernier lieu, vient l'étude des *substances minérales du corps animal*, dont quelques unes seulement sont décrites; les sulfates et phosphates alcalins, puis les sels ammoniacaux, sont traités très brièvement, et plusieurs principes sont omis, tels que le chlorure de potassium, etc., ainsi que les principes gazeux.

Nous n'avons pas besoin de faire observer combien cet ordre est peu rationnel. Nous renvoyons, à cet égard, à ce que nous avons dit sur la classification des principes immédiats, chap. II, p. 291.

Le second volume renferme l'histoire des humeurs. L'étude anatomo-physiologique de chacune d'elles commence le chapitre qui en traite; puis vient l'étude de leur caractère d'ordre chimique et celle de leur analyse.

Le troisième volume, intitulé *Histochimie*, traite des tissus; chaque chapitre commence aussi par une description anatomique abrégée de chaque tissu, et finit par l'exposé de ce qu'il y a de chimique dans leur étude.

Ce volume se termine par des considérations sur les forces moléculaires qui sont en jeu dans les actions *zoochimiques*.

Nous ne nous arrêterons pas sur cette partie de l'ouvrage, qui se rapproche trop de cet ordre de raisonnements, qui ne peuvent ni être infirmés ni être démontrés par l'expérience,

pour offrir quelque utilité à être connus. Il a pour but essentiel de faire voir que beaucoup des phénomènes attribués autrefois à la *force vitale* peuvent être reconnus comme dus à des *forces moléculaires*. Lorsqu'au lieu d'établir ce qu'il y a de commun à tous les phénomènes, c'est-à-dire leurs lois, on cherche à déterminer la cause première à laquelle ils sont dus, il y a, au fond, trop peu de différence entre la réalité de la *force vitale* et celle des *forces* dites *moléculaires*, telles qu'on les représente (car on les personnifie à peu près comme on personnifiait la force vitale), pour qu'il y ait grand avantage à mettre les unes à la place de l'autre. L'établissement des lois de chaque ordre de phénomènes, sans tenir compte de la nature de leurs causes premières, est actuellement assez avancé pour que l'on n'ait plus besoin d'être stimulé dans ces recherches par le vain espoir d'arriver un jour à découvrir ces causes. Après ce que nous avons dit en analysant les travaux de Liebig et Dumas, nous croyons inutile aussi d'analyser les remarques de Lehmann sur la formation des matières organiques dans le règne végétal et sur les mouvements des principes animaux, comme faisant partie ou suite aux considérations sur les forces moléculaires.

639. — Nous ne ferons que mentionner les ouvrages de Marchand (1), de Thomson (2) et de Graham (3), parce que nous n'avons rien de plus à en dire que ce que nous avons extrait des ouvrages précédents qui ont le même titre ; ils n'en diffèrent que dans les questions de détail.

Leur publication, comme celle de ces derniers traités et les ébauches tentées par les auteurs d'anatomie générale, indique seulement que la nécessité de l'étude de cet ordre de parties de l'organisme est de plus en plus sentie. Mais, partout, c'est le point de vue chimique qui domine dans les livres pu-

(1) MARCHAND, *Lehrbuch der physiologischen chemie*. Berlin, 1842, in-8°.

(2) THOMSON, *Chemistry of the organic bodies*. London, 1842, in-8°, t. II, *Animal chemistry*.

(3) GRAHAM, *Traité de chimie organique*, traduit de l'anglais par Mathieu Plessy. Paris, 1843, in-8°.

bliés par les médecins et anatomistes, faute d'une conception nette de l'ensemble de leur science, et, d'autre part, de la nature des secours que peut lui fournir la chimie. Plusieurs manifestent quelques défiances contre les résultats fournis par les chimistes. Ils pensent qu'on ne doit pas accepter d'une manière absolue les résultats qu'ils donnent ; que, sans doute, il faudra faire subir quelques amendements aux données qu'ils fournissent. Mais partout on ne trouve que ces phrases vagues, et nulle indication physiologique susceptible de montrer aux chimistes la marche à suivre pour arriver à des résultats plus directement utiles ; et cependant c'est l'anatomiste et le physiologiste qui auraient dû dire de quelle nature devraient être ces amendements. Malgré ces phrases de précaution, les médecins terminent cependant en disant que ces doutes n'ôtent rien aux travaux des chimistes de leur importance et de leur valeur ; et, de plus, ceux qui traitent du même sujet suivent, au contraire, la marche tracée par les chimistes. On conçoit, d'après cela, que, dans les ouvrages publiés par ces derniers, ce soient les considérations qu'ils appliquent habituellement aux composés définis, qui dominent lorsqu'ils parlent des corps organisés ou de leurs parties constituantes. On conçoit qu'ils se laissent aller à pousser de plus en plus loin dans la physiologie les raisonnements chimiques, et qu'ils ne sentent pas la nécessité de se pénétrer davantage des notions sur la constitution intime de l'organisme, comme le voulait Berzelius, pour mouler plus exactement leurs recherches sur la réalité. Comment auraient-ils fait autrement, puisqu'on ne leur fait pas sentir qu'ils ne tiennent pas suffisamment compte de l'organisation complexe des parties qu'ils étudient, et que c'est pour cela que leurs résultats sont si absolus, si précis en apparence, mais aussi si peu exacts ?

M. Mandl (1), dans un chapitre intitulé *Composition chimique*, dit que la combinaison des *éléments chimiques* du corps forme les *principes constituants*, et la combinaison de ceux-ci

(1) Mandl, *Manuel d'anatomie générale*. Paris, 1843, in-8°, p. 18 à 44, chap. IV.

les *substances immédiates* ou *principes immédiats* qu'il classe en neuf groupes : 1° *combinaisons organiques;* 2° *matières albumineuses ;* 3° *les colles ;* 4° *les matières extractives ;* 5° *les graisses;* 6° *les pigments;* 7° *les sucres;* 8° *les matières cristallisables sans goût sucré;* 9° *les acides.*

Il est inutile de nous arrêter davantage sur cet ouvrage, qui ne renferme qu'une liste de corps considérés comme principes, sans description aucune ; liste dans laquelle, sous la dénomination de *combinaisons anorganiques*, se trouvent rangés la *cystine*, les *lactates*, les *cholates*, les *stéarates*, etc., sans indication exacte de ce qui est réellement un principe immédiat.

640. — De 1844 à 1851 parut l'*Essai de chimie physiologique générale* de Mulder (1). A part l'arrangement des parties du sujet, quelques unes de plus ou de moins qui sont traitées ou omises, qui sont étudiées un peu plus ou un peu moins longuement, c'est toujours, au fond, la même manière d'envisager ce sujet, ce qui tient à ce que c'est là un ordre de recherches fondé uniquement sur de *vicieuses attributions scientifiques*. Ce sont là autant d'exemples auxquels s'appliquent différents passages des généralités de quelques uns des chapitres de ce livre et des prolégomènes. Mulder commence par où finit Lehmann : il traite d'abord des forces moléculaires chimiques, de la polarité des molécules, des catalyses, des molécules en mouvement, puis des forces organiques, de leur liaison avec les forces moléculaires, de la génération spontanée et de la transmission de la *force vitale* d'un individu à l'autre. Il traite de tous ces sujets, qui, en un mot, sont inabordables à l'expérience, qui peuvent permettre à chacun de les envisager à sa manière ; mais qui n'ont apparence de valeur qu'autant qu'on n'a pas établi successivement une distinction nette entre l'état statique et l'état dynamique des corps, et quels sont les divers ordres de sujets inorganiques et organiques auxquels on doit appliquer cette distinction.

(1) MULDER, *Versuch einer algemeinen physiologischen Chemie.* Utrecht, 1844-1851, 2 vol. in-8°.

On y trouve ensuite trois chapitres remarquables sur les relations entre les milieux, air, eau, terre, et les êtres vivants.

Il ne traite, en particulier, que des principes d'origine animale non cristallisables, sauf les sucres. Il passe, ensuite, aussitôt à l'étude des tissus et des humeurs; l'examen de celles-ci termine son livre. Du reste, il traite des parties des végétaux comme de celles des plantes, et la liaison des unes aux autres, le point de vue de ce qu'elles ont de commun, y sont bien sentis. C'est un traité d'anatomie générale dans lequel sont décrits et figurés, à un point de vue principalement chimique, les éléments anatomiques, les tissus, des principes immédiats et les humeurs, les uns entremêlés aux autres; sans qu'il y ait, plus que dans les autres livres que nous avons analysés, le sentiment de l'importance qu'il y a, dans toute étude, à prendre pour point d'appui la notion exacte de la complication des parties qu'on examine.

Il a, du reste, senti nettement la différence qui sépare le groupe des substances azotées (renfermant les combinaisons de protéine) de toutes les autres parties constituantes du corps, ce que nous ferons ressortir en traitant de cette classe des principes immédiats.

Ce livre, comme celui de Lehmann, de Simon, etc., n'est donc autre chose qu'une étude faite à part, séparément du reste et avec un nom spécial, de tout ce qu'il y a de chimique dans l'histoire des principes immédiats, des éléments anatomiques, des tissus et des humeurs. Rien n'est plus frappant que les doubles descriptions avec les traités d'anatomie générale où cela conduit. En effet, il est bien impossible de traiter le côté chimique de leur histoire absolument seul, en sorte que la description des caractères chimiques du tissu est précédée d'un exposé plus ou moins long de ses autres ordres de caractères, mais naturellement sans méthode. De même pour les humeurs et pour les éléments. De même encore pour les principes immédiats; mais là il n'est guère fait mention que de leurs caractères d'ordre mathématique de situation et de quantité

On doit maintenant bien sentir ce qu'il y a de vicieux dans ces livres, et les raisons pour lesquelles ils conduisent encore à si peu de résultats utiles scientifiquement et pratiquement.

Nous avons vu, en effet, qu'il y a, pour parcourir l'étude des corps organisés, deux échelles : l'*une établit* et *relie* entre eux, d'après leur généralité et simplicité croissantes, ou *vice versâ*, TOUS les différents ORDRES DE PARTIES CONSTITUANTES du corps ; l'*autre établit* et *relie* entre eux *tous* les différents ORDRES DE CARACTÈRES que présente chaque individu des espèces qui rentrent dans ces ordres de parties. Or, dans ces livres comme dans les traités de chimie que nous avons dû analyser, les auteurs, au lieu de prendre chaque ordre de parties constituantes pour leur appliquer successivement l'étude de chacun des ordres de caractères, font l'inverse. A propos de chaque caractère, ils étudient tous les ordres de parties de l'économie qui les présentent d'une manière un peu tranchée ; car on observe que dans chaque ordre de ces parties il y a un ou plusieurs caractères, soit physiques, soit chimiques, etc., qui y prennent un grand développement, tandis que les autres y sont peu manifestes.

C'est absolument comme si en physique, à propos de la couleur *rouge*, on étudiait tousles corps qui sont rouges ; à propos de l'odeur, on étudiait tout ce qui a odeur ; comme si en géométrie, à propos de la forme, on étudiait tout ce qui a forme. C'est comme si l'on divisait l'anatomie en autant de branches que peuvent présenter de caractères les divers ordres de parties des corps organisés. Pour le cas qui nous occupe, c'est absolument comme si l'on croyait que l'étude de la forme des muscles, des fibres, des cellules, etc., constitue un genre d'étude particulier, car on pourrait, sous ce rapport, tout aussi bien faire une *géométrie physiologique* et *organique* qu'une *chimie physiologique* et *organique*, une *zoomathématique* qu'une *zoochimie*. L'absence de notions d'ensemble a, du reste, déjà conduit à cette singulière aberration, car la *cristallographie* n'est autre chose que l'étude de la *forme* qu'on s'est borné à envisager dans les espèces chimiques, et encore

dans les composés naturels seulement, lorsqu'il eût été rationnel de le faire pour tous les cristaux des corps, de quelque origine que ce soit.

En un mot, c'est partout le même vice de méthode. Quand a été développée la géométrie, et surtout l'application de l'analyse algébrique à cette science, on l'a bientôt appliquée à l'étude de tout ce qui avait forme très distincte : d'où est née la *cristallographie ;* d'où l'on a fait bientôt la minéralogie, quand, séparant de la chimie l'étude des composés naturels d'origine organique, on n'avait plus de raison pour n'en pas faire autant de l'étude des composés minéraux naturels. Quand une fois la chimie a été assez développée, les chimistes ont naturellement mis dans leurs traités l'étude de tout ce qui présentait des caractères d'ordre chimique très prononcés, tels que les humeurs, les tissus, puis plus tard les principes immédiats. Mais ce qu'il y a de singulier, c'est de voir des anatomistes, physiologistes et médecins, ne pas reconnaître que si une pareille manière de faire est utile en quelques points secondaires pour la chimie, combien elle est vicieuse et nuisible pour leur science. Ce qu'il y a de singulier, c'est de les voir accepter cette marche, et non seulement faire une *chimie organique*, mais créer une *chimie physiologique*, une *zoochimie;* c'est de les voir faire une science à part de tout ce qu'il peut y avoir de phénomènes moléculaires à étudier dans les corps organisés, comme si, du moment où des corps existent, il pouvait se faire qu'ils ne présentassent pas de phénomènes chimiques, c'est-à-dire moléculaires.

Aussi, naturellement, voyez combien sont disparates les idées et les faits que renferment les ouvrages les plus recommandables par l'intensité et la durée des efforts qu'ils ont exigés. Voyez combien peu elles sont liées entre elles. Voyez enfin quel embarras éprouve tout esprit qui, ne prenant pas les mots pour des choses, cherche à relier entre elles les connaissances qu'il acquiert ; lorsque après avoir épuisé tout ce qu'il y a de moléculaire ou chimique à observer dans l'organisme, il cherche à lier ces notions aux autres

ordres de notions relatives aux mêmes parties du corps.

641. — Nous ne ferons que mentionner ici un travail de Kohlrausch, sur les opinions de Liebig, travail dans lequel, sans rien mettre à la place de ce qu'il critique, ni déterminer quelle marche réellement utile on peut suivre, il montre que les hypothèses mises en avant, qui sont en apparence les plus probables, ne doivent cependant pas être considérées comme démontrées positivement (1). Berend (2), à peu près en même temps, a également publié un travail dans le même genre pour montrer que Liebig et autres sont allés trop loin ; leurs travaux restent sans effet, faute d'indiquer que mettre à la place. M. Anglada (3) a également vers la même époque cherché à établir un moyen terme à suivre dans l'emploi de la physique et de la chimie pour expliquer les phénomènes des corps vivants. Mais ce sont de simples remarques, sans direction nouvelle appuyée sur une détermination de tous les ordres des parties du corps et de tous les actes correspondants.

642.—Nous avons à signaler ici le *Cours de microscopie* de M. Donné (4), et surtout l'atlas de cet ouvrage, par MM. Donné et Foucault (5). Quoique relatif surtout à la description des humeurs, cet ouvrage a fait faire des progrès notables à la détermination des espèces de principes et à la représentation de leurs cristaux retirés de l'économie. L'atlas de cet ouvrage restera comme un monument original et remarquable des perfectionnements que peuvent apporter aux procédés d'exploration en biologie les applications, suivies avec persévérance, des connaissances physiques les plus élevées. Le ca-

(1) O. Kohlrausch, *Physiologie und Chemie in inhrer gegenseitigen Stellung ; beleeuchtet durch eine kritik von Liebig's Thierchemie.* Gottingen, in-8°, 1844.

(2) N. Berend, *Ueber die Divergenz in den Ansichten der Physiologen und Chemiker der Gegenwart.* Hannovr., *Annalen*, von Holscher, 1844, t. III, p. 3.

(3) Ch. Anglada, *Réflexions sur les tendances de la chimie moderne appliquée à la physiologie et à la pathologie humaine* (*Journ. de méd. de Montpellier*, janvier 1844).

(4) Donné, *Cours de microscopie complémentaire des études médicales.* Paris, 1844, in-8°.

(5) Donné et Foucault, *Cours de microscopie. Atlas exécuté d'après nature au microscope daguerréotype.* Paris, 1845, in-fol°.

chet de vérité dont sont empreintes ces figures prises au daguerréotype, et reproduites avec exactitude par la gravure, laissera une trace dans la science par l'introduction d'une tendance continue à toujours faire de chaque objet qu'on représente le portrait le plus fidèle possible.

Nous trouvons ici à l'état d'ébauche l'emploi systématique du microscope comme l'un des moyens fondamentaux d'étude des principes immédiats. Ainsi que tout autre moyen d'étude, l'emploi de cet instrument est resté longtemps à l'état rudimentaire dans ce genre de recherches ; il était restreint à l'examen des cas les plus simples, et souvent de faits isolés, comme ceux relatifs aux dépôts urinaires morbides, ou aux dépôts de cholestérine. Comme tout autre procédé, il était impossible que celui-ci s'étendît davantage tant que l'on ne pouvait rattacher l'emploi de ce moyen physique à celui des moyens chimiques, tant que le but qu'on se proposait d'atteindre par leur emploi n'était pas nettement déterminé. Il manquait alors la conception de l'ensemble des parties de l'anatomie, qui permît d'instituer les procédés correspondants qu'il faut employer pour arriver à connaître ces diverses parties. Alors seulement on peut donner à ces moyens toute leur extension, et en même temps la restreindre entre ses limites naturelles, de manière à éviter toute divagation ou tout espoir exagéré sur les résultats qu'on en peut attendre. Car il y a autant de sagacité à savoir où et quand il faut s'arrêter, qu'à savoir discerner le sujet le plus utile à élucider, pour l'époque où l'on se trouve placé.

C'est cette existence constante dans le passé, de tout procédé ou des questions scientifiques à l'état d'ébauche, sous forme de quelques faits isolés, qui fait toujours dire, lors de toute publication générale, qu'elle n'est pas nouvelle, qu'elle n'est pas connue; c'est, d'autre part, cette extension ou généralisation de ces faits particuliers à tous les cas analogues, en modifiant l'idée suivant la complication de ces cas, qui fait dire que la chose est nouvelle. Ce qui revient à dire, sous un point de vue plus réel, pour quiconque a la notion de

la filiation historique des faits dans le développement de l'humanité, que dans toute science les faits théoriques et pratiques ne sont susceptibles de prendre toute leur extension qu'autant que tous ceux qui ont des rapports avec eux dans les autres sciences sont suffisamment connus. D'où il résulte que nulle découverte n'est le fait d'un homme seul, mais résulte d'une longue préparation antérieure toujours plus ou moins entachée d'hésitations ou d'idées de tout genre, depuis les plus susceptibles d'application immédiate jusqu'à celles qu'il ne faut connaître que pour les éviter.

643. — En 1845 parurent les lettres de Liebig (1). Cet ouvrage, en ce qui concerne l'étude des corps organisés, repose sur les mêmes idées que celles dont nous avons donné un extrait. Nous n'avons donc pas besoin d'y revenir.

Sans apporter ici un esprit plus critique que dans tout ce qui précède, nous devons faire observer que cette étude exclusive de tout ce qu'il y a de chimique dans les corps organisés a conduit si loin en fait d'absence de distinction entre ce qui est phénomène organique et ce qui est acte chimique proprement dit ou défini, stable et invariable dans les mêmes conditions données, que les chimistes sont allés jusqu'à croire qu'on parviendrait à *produire avec toutes leurs propriétés les combinaisons dont l'albumine ou la fibrine des muscles se trouvent formées*. Que l'on arrive un jour à former le quinine, la morphine, comme on forme l'urée, le fait n'est pas impossible; car il s'agit là de composés définis, très stables, doués de tous les caractères généraux offerts par tout composé chimique. Mais croire que l'on arrivera à former de la *protéine* ou tout autre produit qu'on obtient par altération de la fibrine, etc., et qu'on suppose être ses parties constituantes, c'est, par suite de la division de la chimie en deux ou trois branches, se laisser aller par trop loin, et trop méconnaître, d'une part, la nature de la liaison existant entre la chimie et la biologie, et de l'autre, les différences radicales qui sépa-

(1) J. LIEBIG, *Lettres sur la chimie*, traduction française. Paris, 1845, in-12.

rent et les corps et les actes dont chacune fait l'étude spéciale.

Ce n'est pas les connaître que d'admettre une force vitale antagoniste des forces chimiques, à la manière de ce qu'on croyait encore du temps de Bichat ; ce n'est pas les connaître que de commencer, avant d'observer minutieusement comment est constitué l'organisme, par admettre une force *vitale* ou *agent vital* immatériel, en conflit continuel dans l'organisme avec les *forces chimiques;* de telle sorte que si la force vitale abandonne celui-ci, ou une de ses parties, les forces chimiques seules en maintiennent l'existence, jusqu'à ce que les forces extérieures (lumière, chaleur) *vainquent l'attraction chimique.* N'est-ce pas personnifier la *vie* et méconnaître que c'est un *nom* désignant un ensemble de phénomènes, les uns dits *de la vie organique*, d'autres dits *de la vie animale;* mais dont la cause première est inconnue pour le plus simple (nutrition), aussi bien que la cause première qui fait que la potasse s'unit aux acides? N'est-ce pas personnifier la vie que de dire : « Toutes les substances qui prennent part aux *fonctions de la vie* sont des groupes inférieurs d'atomes simples qui se réunissent en atomes d'un groupe supérieur sous l'influence de la force vitale. La force chimique, sous la puissance de la chaleur, détermine la forme, les propriétés des groupes les plus simples ; la force vitale détermine la forme et les propriétés des groupes supérieurs qui constituent des *atomes organisés.* »

Mettez ainsi une entité en présence, en conflit avec des faits positifs, quelque exacts que soient ceux-ci, leur efficacité devient nulle, quand ils sont de la sorte mis en relation avec une force imaginaire ; créée et importée d'avance pour expliquer par des mots des faits qu'il s'agit d'observer avant de les expliquer, c'est-à-dire de les relier entre eux. La cause première de l'existence de la matière organisée, nous n'en savons rien ; mais nous pouvons savoir quelle est la constitution moléculaire de celle-ci, et cela nous suffit. Cette matière a, comme toute matière, des propriétés ; elles sont multiples, d'ordres divers pour la complication ; plusieurs n'appartien-

nent qu'à elle, lui sont spéciales, et diffèrent des propriétés des autres corps autant que la constitution de ceux-ci diffère de celle des corps organisés. Étudions ces divers ordres de propriétés, classons-les dans l'ordre de leur complication croissante ; voyons ce qu'est la plus simple et la plus générale de ces propriétés de la matière organisée (nutrition) ; puis ce que sont les autres ; comment elles sont influencées par les changements qu'apportent à la première les modifications faciles de la constitution de la matière organisée. Nous pouvons parvenir à savoir tout cela, et, comme on dit, nous pouvons parvenir à en établir les lois, et cela nous suffit ; car, avec cela, nous pouvons modifier et les corps organisés, et leurs actes, à notre avantage et à celui de nos semblables. Mais quant à la cause première de ces propriétés, vous ne la connaîtrez jamais, pas plus que la cause première qui fait qu'elle existe, et pour quoi elle existe. Vous aurez beau la supposer à votre manière, un autre la regardera d'une autre façon, et il aura tout aussi raison que vous, puisque vous donnez à cette force précisément toutes les qualités nécessaires pour cela, intangible, impondérable, etc. Si vous craignez d'être accusé de stahlianisme, ne l'appelez pas *âme*, réduisez-la à son axe, c'est-à-dire appelez-la *force vitale*, *agent vital*, chargé de faire les *groupes atomiques d'ordre supérieur :* ce sera toujours la même chose ; il n'y a de changé que le genre de son nom, avec réduction de la tâche journalière qu'on lui faisait remplir.

Certes, vous pouvez bien dire que vous n'entendez pas les choses ainsi ; mais comme il s'agit d'une création imaginaire que chacun de ceux qui l'adoptent peut orner à sa manière, selon ses dispositions intellectuelles les plus ordinaires, il nous sera impossible à nous de nous assurer si c'est Stahl ou vous qui avez raison.

C'est encore, au fond, la même manière de raisonner qui fait croire qu'on a expliqué la cause des fermentations, quand on a dit : que l'oxygène de l'air se combinant avec une des parties intégrantes du suc d'une plante, au même moment cesse pour celles-ci leur arrangement primitif. L'équilibre de

leurs attractions respectives est détruit, les atomes s'arrangent d'une autre manière ; il s'est opéré un mouvement dans l'atome composé. Le mouvement survenu est la cause même qui fait que l'action se continue.

Les fermentations constituent dans les actions chimiques un groupe qui a ses particularités propres, ses lois, c'est-à-dire qu'il y a dans les actions de contact un certain nombre de faits communs à toutes qui les différencie en quelques points des autres actes chimiques ; elles ont alors leurs lois comme la combinaison entre corps simples a ses lois, comme la combinaison et décomposition entre les sels a ses lois. Ces faits communs à toutes les actions chimiques indirectes, on peut apprendre à les connaître, on peut les établir comme on a établi celles de la double décomposition ; mais quant à savoir *pourquoi* l'oxygène se combine si facilement avec les SUBSTANCES ORGANIQUES, *pourquoi* celles-ci, mises alors au contact du glucose ou de l'urée, en déterminent la décomposition lente, graduelle et continue, au lieu d'une double décomposition brusque qui a lieu quand certaines solutions salines sont en présence, nous n'en savons rien ; pas plus que nous ne saurons *pourquoi* il y a de la matière organisée. Seulement nous pouvons savoir *comment* les choses se passent quand on place ces divers composés en présence, et cela suffit ; d'autant plus qu'on ne peut faire davantage. Et dire avec quelques savants que, lorsque l'urée de l'urine fermente, celle-ci est *en quelque sorte reprise d'une nouvelle vie*, ou dire que l'oxygène, se combinant aux matières azotées, détruit l'équilibre de l'attraction respective de leurs molécules, d'où *un mouvement qui est la cause même qui fait que l'action se continue*, c'est toujours un cercle vicieux dans un cas comme dans l'autre ; cercle vicieux provenant de ce qu'au lieu de se borner à voir ce qui est, on veut trouver la *cause première ;* mais ce qu'on prend pour *elle qu'on ne voit pas*, c'est *l'effet qu'on voit.*

344. — Depuis cette époque, il n'a pas paru d'ouvrage important sur l'étude des principes immédiats considérés

dans leur ensemble et comme formant un sujet distinct de recherches. En 1846, cependant, parut dans le *Traité de chimie* de M. Dumas (1), le travail intitulé : *Statique chimique des êtres organisés*, que déjà nous avons analysé ; il est suivi d'un exposé de la composition des humeurs et des principaux tissus. C'est cette partie de ce livre qui a été publiée à part sous le titre de *Traité de chimie appliquée à la physiologie et à la pathologie* (2). Dans un chapitre intitulé *Phénomènes de combustion dans les êtres organisés*, il développe les faits déjà exposés et jugés plus haut relativement à l'hypothèse qui considère que les *substances organiques*, le sucre et les principes des corps gras, finissent, en tant qu'espèces de principes, par combustion, et que les corps azotés cristallisables, ainsi que l'acide carbonique, sont le résultat de cette oxydation, se *forment* de la sorte ; d'où aussi production de chaleur. Pour M. Dumas, en un mot, la désassimilation des principes assimilés serait une combustion de ces principes ; c'est là le seul mode de terminaison de ces principes. De plus, les phénomènes de composition et de décomposition qui caractérisent l'assimilation et la désassimilation ne paraissent pas suffisants aux chimistes pour expliquer la production de tout le calorique nécessaire en remplacement de celui que cède chaque jour le corps humain. Ils admettent l'hypothèse suivante, encore à démontrer : que l'*acide carbonique*, l'*eau*, l'*ammoniaque* expulsés par l'homme proviennent en grande partie de la combustion des produits rendus solubles par la digestion et versés dans le sang, mais non de la dissociation de la matière même de nos organes. La digestion a deux objets : 1° réparation des matériaux du sang consommés par la combustion, qui vient exhaler ses produits dans la respiration pulmonaire ou cutanée ; 2° restitution des parties de l'organisme que l'exercice de la vie a détruites. De ces deux fins de la digestion, la première est celle qui consomme la

(1) DUMAS, *Traité de chimie*. Paris, in-8°, t. VIII, 1846, p. 417.

(2) DUMAS, *Traité de chimie appliquée à la physiologie et à la pathologie*. Paris, in-8°, 1846.

plus forte proportion des substances azotées. Cela se déduit de ce que l'amidon et le sucre sont la partie prédominante de nos aliments ; or ce seraient là des aliments absolument impropres à l'assimilation. Convertis en produits solubles dans le sang et oxydables, ils sont entièrement consommés par la respiration proprement dite. En général, le sang doit être considéré, relativement aux matériaux solides de l'économie, comme une dissolution saturée de ces mêmes matériaux. Dès qu'il en perd une portion, il la remplace en puisant pour cela dans le réservoir que lui offre l'économie tout entière, de telle façon que si le sang brûle sans être réparé par la digestion, il en résulte que l'économie tout entière est appauvrie, puisque c'est en elle que le sang trouve les matériaux à l'aide desquels sa réparation s'effectue. Les solides de nos organes se brûlent donc, non pas directement, mais par l'intermédiaire du sang où ils se dissolvent. Dès lors tout prouve que la fibrine, l'albumine, la caséine, le gluten, la gélatine, fournis au sang par la digestion, se brûlent en grande partie directement; qu'il en est de même des matières grasses que nos aliments lui fournissent. L'excès seul de ces substances profite à l'assimilation. Quant aux matières végétales neutres, elles se brûlent tout entières, et l'excès, s'il y en a, s'échappe par les urines (1).

Suivent les détails sur quelques principes pris séparément, détails qui seront analysés en traitant de chaque espèce en particulier.

645. — Le côté réel concernant l'histoire des principes immédiats, contenu dans ce qui précède, est relatif à la fin ou terminaison des substances azotées, et à celle des principes des corps gras, d'où formation de quelques uns des principes d'origine organique cristallisables. Nous disons de quelques uns, car en poursuivant l'hypothèse de la combustion, les chimistes ne traitent guère que de la formation de l'urée, de l'acide urique, de l'acide carbonique et de l'eau ; ils y joignent l'ammoniaque, ce qu'il faut traduire par carbonate,

(1) Dumas, *Traité de chimie*, Paris, 1846, t. VIII, p. 464 à 466.

urate d'ammoniaque et phosphate ammoniaco-magnésien, lesquels sont en quantité fort minime dans l'économie. Or, jetez les yeux sur la liste des principes de la deuxième classe, et vous verrez combien de principes il eût fallu examiner séparément pour arriver à établir la généralité du fait de la combustion, comme acte chimique caractéristique de la formation des principes cristallisables, et dont les conditions d'accomplissement seraient fournies par l'oxygène et les substances azotées.

Nous avons vu en particulier, pages 224 à 233, et d'une manière générale, précédemment ci-dessus, ce qu'il fallait mettre à la place de l'idée de combustion; nous n'y reviendrons par conséquent pas.

646. — Un autre côté réel de l'histoire des principes qu'on trouve étudié dans l'ouvrage que nous analysons et ceux de Liebig dont il a déjà été question, c'est l'*étude de la production* de chaleur *comme résultat* de la formation de certains principes par destruction de certains autres.

Pour juger ce point, jetons, comme toujours, un coup d'œil sur la physiologie et l'anatomie de manière à ne jamais être privé des notions d'ensemble, lorsque nous jugeons les questions de détail. L'un de nous a montré (1) qu'à chaque extrémité de l'anatomie et de la physiologie, on retrouve des notions de même ordre qui viennent se rejoindre et compléter ainsi et fermer le cercle de la biologie. Et ce fait montre avec beaucoup d'autres, soit dit en passant, que les notions dont traite cette science ne font pas suite, ne sont pas une conséquence des notions chimiques. Seulement les notions physiologiques auxquelles nous faisons allusion sont à l'ébauche à une des extrémités de l'anatomie et de la physiologie, et ont un plein développement à l'autre extrémité. Ainsi les notions à l'état d'ébauche dans les éléments organiques, tant principes immédiats qu'éléments anatomiques, se retrouvent encore et naturellement, quand on étudie les *fonctions*, no-

(1) CH. ROBIN, *Tableaux d'anatomie*. Paris, 1850, in-4°, avertissement, p. 11.

tion dynamique rattachée aux appareils, et les *résultats*, notions dynamiques rattachées à l'*organisme* pris comme un tout à étudier anatomiquement au même titre que chacune de ses parties. Aux *propriétés animales* des éléments anatomiques se rattachent les *fonctions des appareils de la vie animale*, et le résultat général appelé *animalité.* Ces propriétés des éléments sont la condition d'être de ces fonctions ; mais entre elles deux se trouve l'étude des propriétés de tissus, des usages des systèmes et organes nerveux et musculaire; ce qui établit une liaison graduelle de l'une à l'autre et un plein développement de chaque face de ces questions. Aux propriétés organiques ou végétatives des éléments anatomiques se rattachent les fonctions de la vie organique et le *résultat général* appelé *végétalité;* et entre ces notions extrêmes se trouvent les intermédiaires analogues à ceux dont nous venons de parler à propos de l'animalité. Or, parmi les *résultats spéciaux* (1) se rattachant à la *végétalité* se trouvent la *production de chaleur* et celle d'*électricité* qui se rattachent spécialement aux faits moléculaires de formation et de destruction des espèces de principes immédiats, quelles qu'elles soient.

Mais entre le résultat pris dans son ensemble, en considérant tout l'organisme et ces conditions élémentaires de production que nous venons de nommer, il y en a d'autres plus complexes, plus difficiles à apprécier, surtout expérimentalement. Ce sont les causes de production de chaleur provenant de la mise en jeu des propriétés de tissus, des usages généraux dans les systèmes, spéciaux dans les organes, et de la fonction de chaque appareil. Chacun de ceux-ci, en effet, concourt, un peu plus ou un peu moins, par sa mise en jeu, à la production de chaleur; car il n'y a pas d'appareil pour la production de chaleur, ce n'est pas une fonction; aussi les plantes et beaucoup d'animaux (ceux dits *à sang* froid) n'en produisent presque pas. Or, voilà des notions, intermédiaires aux deux extrêmes, qui les complètent et les développent sous autant

(1) Ch. Robin, *loc. cit.*, 1850, avertissement, p. 7.

de points de vue différents dont il faut tenir compte. Et comme tout se lie, tout se tient dans l'économie, si l'on néglige un de ces côtés de la question, c'est autant d'omissions que l'on fait ; ou si l'on en prend un comme représentant à lui seul toute la question, il est évident qu'on sera bientôt induit en erreur. C'est comme si, en traitant d'une fonction, on croyait apprendre tous les usages des organes qui forment l'appareil, les propriétés des tissus qui forment les organes, etc. ; c'est comme si, en étudiant les propriétés des éléments musculaires ou nerveux, on croyait apprendre tout ce qui concerne les fonctions de locomotion et d'innervation.

Or, voici la faute des chimistes : partant de leur point de vue absolu, manquant de cette échelle des parties et des actions de l'organisme, puis de celle des caractères qu'ils offrent, qui permet d'aller d'une extrémité à l'autre sans rien omettre ni s'embrouiller, ils ont tout attribué à l'une des causes, la principale, peut-être, mais qui n'est pas tout. Voyant la combustion des composés chimiques et des substances organiques produire de la chaleur et de l'acide carbonique, puis les corps vivants produire de la chaleur et de l'acide carbonique, ils ont dit : c'est à des phénomènes de combustion qu'est due cette double production. Avant d'avoir regardé si, vraiment, il n'y a pas dans l'organisme quelque combinaison ou décombinaison ne présentant pas les phénomènes spéciaux de la combustion (comme, en chimie, l'union de l'eau à la chaux et l'action d'un acide sur les carbonates, etc.), qui fût susceptible de produire du calorique et du gaz carbonique, ils ont dit : C'est la combustion qui les produit. Omettant même les phénomènes intermédiaires signalés plus haut, interposés, en quelque sorte, entre l'acte élémentaire de combustion et le dégagement général de l'acide carbonique et du calorique par toute la surface du corps, ils ont attribué la totalité de chacune des productions à la combustion.

De là à aller à un cercle vicieux, il n'y avait qu'un pas ; ils l'ont fait en disant : La preuve qu'il y a combustion, c'est que les principes gras se brûlent, c'est que les substances azotées

s'oxydent et forment l'urée. Or, c'est précisément ce qu'il faudrait démontrer, que le fait de cette formation de l'acide carbonique, de l'urée et de l'acide urique par oxydations quelconques. N'avons-nous déjà pas vu précisément, pages 165 et 166, § 150, que l'acide carbonique qui se dégage est chassé des carbonates par l'acide pneumique que contient la substance solide du poumon et qu'a découvert l'un de nous? Et ces carbonates, on ne sait pas encore au juste où ils se forment : bientôt on pourra expérimenter pour l'apprendre, car l'expérience seule peut le montrer; mais on ne le peut encore dans les circonstances présentes.

Enfin, lors même qu'on aurait montré que l'acide carbonique, l'urée et l'acide urique se forment par oxydation, cela ne prouverait pas que toute la chaleur se fait par des combustions ou oxydations, vu qu'il y a des formations d'espèces chimiques qui exigent, absorbent et consomment, comme on dit, du calorique; et il faudra toujours en venir à se rendre compte des actions organiques intermédiaires entre l'acte moléculaire élémentaire et le résultat total. La relation entre l'acide carbonique produit, le calorique dégagé, d'une part, et la quantité d'oxygène absorbé et de principes sortant après s'être formés par par l'oxydation supposée, n'est pas absolument exacte. Il est possible même que cette relation soit plus exacte sur l'animal en expérimentation que sur celui qui vit librement; parce qu'il est placé dans des conditions assez particulières; manière de faire qui vient un peu de ce que les chimistes croient qu'il suffit, pour que tout soit exact, que la peau, l'appareil respiratoire et le digestif fonctionnent normalement.

647. — En 1848 parurent les recherches de Liebig sur le bouillon de viande (1). Elles marquent une ère nouvelle dans la marche suivie par les chimistes pour l'analyse des diverses parties du corps. Graduellement conduit par l'expérience à l'application des règles générales indiquées par M. Chevreul

(1) LIEBIG, *Sur les principes liquides de la chair musculaire* (*Annalen der Chemie und Pharmacie*, 1848, t. LII, p. 257, et *Ann. de phys. et de chim.*, 1848, t. XXIII, p. 129).

et déjà mises en pratique par ce dernier tant à propos des corps gras que des extraits de viande, Liebig confirma les résultats obtenus par le savant que nous venons de citer et les étendit considérablement. Il fit ainsi connaître plusieurs principes immédiats nouveaux, tels que la créatinine et l'inosate de potasse. C'est en traitant des principes immédiats en particulier, que nous aurons à tirer parti de tous les faits nouveaux que l'on doit à ces recherches. Mais nous devons seulement faire remarquer ici que l'analyse immédiate, telle que nous l'avons développée, chapitre IV, article Ier, première et deuxième section, n'est que l'application générale des moyens employés par M. Chevreul et par Liebig, en les modifiant un peu, selon qu'il s'agit de telle humeur ou de tel tissu, de manière à les approprier à la nature de chacun de ceux-ci. Du reste, ce que nous avons dit dans nos *Prolégomènes*, § 25, pages 31 et 32, doit nous dispenser de parler plus longuement de ce travail dans cette appréciation générale des travaux qui ont fait progresser la subdivision de l'anatomie qui fait le sujet de ce livre.

648. — Le point de vue chimique, qui, ainsi qu'on a pu le voir précédemment, ne considère que les extrêmes, et non les points intermédiaires si importants à considérer dans ce qui est organique, a conduit aussi à d'autres choses encore. Il a conduit à croire que l'on pouvait arriver à des résultats directement utiles à l'étude des fonctions, et même à résoudre plusieurs problèmes normaux et morbides, en déterminant d'une part les *éléments chimiques* des matières ingérées, et de l'autre *ceux* des produits d'excrétion, sans s'abaisser jusqu'à poursuivre minutieusement chacun des principes. Souvent même on ne s'est occupé que des quatre éléments qui forment les substances organiques (azote, oxygène, hydrogène et carbone). On a même pu naturellement se borner à ne considérer que l'azote.

C'est là le but général des travaux de MM. Boussingault (1), Hermann et Millon. Quelques autres auteurs ont publié

(1) BOUSSINGAULT, *Recherches sur les quantités d'azote contenues dans les*

des travaux analogues, mais dont nous ne parlerons pas, de peur d'être entraîné trop loin sur un sujet où l'on ne peut puiser que des renseignements sur ce qu'il ne faut pas faire.

Comme exemple du degré d'irrationalité où a pu être portée l'analyse élémentaire, on peut citer des recherches dans lesquelles on a cru arriver à quelque chose d'utile en desséchant le sang d'individus atteints de pneumonie, de fièvre typhoïde, de typhus, et en déterminant la quantité de carbone et d'hydrogène qu'il donne d'une part, et celle des cendres de l'autre (1).

Depuis lors, M. Millon a fait des recherches sur les mêmes sujets ou d'autres analogues. Nous en parlons ici, parce que la méthode qu'il emploie est donnée comme généralement applicable à toutes les parties solides du corps, et parce que nous n'aurons pas à en parler ailleurs de même que des précédentes (2).

Les recherches de M. Millon sont faites dans la croyance que la connaissance de la composition élémentaire du sang, du chyle, de l'urine, de la bile de tous les animaux et de toutes les parties des plantes par des moyens d'analyse exacts et simplifiés, offrira certainement des ressources nouvelles aux études physiologiques. Il propose d'appeler *analyse organique directe* un procédé qui consisterait à faire l'analyse élémentaire des matières molles et liquides des aliments et des pro-

fourrages et sur leurs équivalents (*Ann. de phys. et de chim.*, 1836, t. LXIII, p. 225, et 1838, t. LXVII, p. 408). — B. et Lebel, *Anal. comp. des aliments consommés et des produits rendus par une vache laitière. Recherches entreprises dans le but d'examiner si les animaux herbivores empruntent de l'azote à l'atmosphère* (*loc. cit.*, 1839, t. LXXI, p. 113). — *Anal. comp. des aliments consommés et des produits rendus par un cheval soumis à la ration d'entretien. Suite des recherches entreprises dans le but d'examiner si les herbivores prélèvent de l'azote à l'atmosphère* (*loc. cit.*, 1839, t. LXXI, p. 128).

(1) Hermann, *Analyses du sang* (*Ann. der Chemie und Pharm.*, 1844, t. L, p. 159).

(2) Millon, *Note sur le dosage de l'urée* (*Comptes rendus des séances de l'Acad. des sc. de Paris*, in-4°, 1848, 1er semestre, p. 119. — Millon, *Études de chimie organique faites en vue des applications physiologiques et médicales*. Lille, 1849, in-8°, p. 7, 37, 51, 87, 89, 91. — *Annuaire de chimie*, ann. 1848, p. 429; 1850, p. 591; 1851, p. 439.

duits de sécrétion. Cette méthode, d'après lui, serait préférable à celle dans laquelle on brûle les substances après les avoir desséchées, car dès ce moment elles ont déjà perdu le cinquième, le quart ou la moitié de l'azote combiné. Mais nous avons déjà montré dans nos *Prolégomènes*, chapitre IV, et en traitant de l'analyse élémentaire et de l'analyse immédiate, que les corps qu'on extrait de la substance organisée n'agissant pas, comme éléments, comme azote, hydrogène, carbone, soufre, phosphore, calcium, oxygène, chlore, sodium, potassium, etc., l'étude de ces corps, considérés comme éléments chimiques dans l'économie, est inutile. Nous avons vu que la connaissance de l'azote, de l'hydrogène, du carbone composant les principes, etc., ne l'est pas plus que le serait celle du calcium, du phosphore, du sodium, etc., et autres éléments qu'il serait tout aussi nécessaire à connaître que les précédents pour arriver à quelque notion rationnelle sur la constitution de l'organisme. Nous avons vu que ce sont les composés qui contiennent de ces éléments qui agissent réellement dans l'économie; que, par conséquent, c'est eux qu'il faut connaître. Les résultats qu'il faut chercher à atteindre sont faciles à apprécier; la nature des recherches qui nous conduisent à eux est nettement déterminable et peut être fixée d'avance. Une fois les résultats obtenus, leurs conséquences se développent, en même temps elles délimitent le sujet, c'est-à-dire ne conduisent pas seulement à de vagues espérances sur des probabilités lointaines. Ces résultats sont la connaissance des espèces réelles de composés, soit cristallisables, soit substances organiques qui composent chaque partie solide ou liquide de l'organisme. Ces résultats sont, en un mot; la connaissance de la constitution exacte de la substance de l'organisme, soit à l'état normal, soit à l'état morbide; la connaissance des conditions d'entrée et de sortie de ces composés appelés *principes immédiats;* leurs conditions de formation et de destruction au dedans. Ces résultats sont, d'autre part, la connaissance des actes moléculaires

qui se passent lors de cette formation et de cette destruction des principes, de quel ordre ils sont, quelle place ils tiennent parmi les actes chimiques proprement dits, en quoi ils s'en rapprochent, en quoi ils en diffèrent; comment se manifeste au dehors l'accomplissement de ces actes (production de chaleur, etc.).

De ces connaissances statiques et dynamiques, nous pouvons, dans un cas de dérangement de l'économie, tirer des inductions bien *plus immédiates*, par conséquent, pour arriver à une amélioration, que si nous avions opéré sur les *principes éloignés* ou éléments chimiques du corps. Cela va de soi; mais cela repose sur une connaissance approfondie de la constitution des autres parties du corps et de leurs actions physiologiques. Cherchez maintenant parmi ces travaux laborieux des auteurs qui ont entrepris les analyses élémentaires, vous y verrez percer le manque de ces notions-là, et, s'ils les avaient eues, ils n'auraient pas fait ces analyses, qui n'ont plus qu'une valeur comme exercices chimiques. Cherchez dans ces travaux un but déterminé qui ait quelque rapport réel (c'est-à-dire nullement imaginaire, et non plus seulement probable) avec nos connaissances relatives aux parties plus compliquées du corps, comme les appareils et les fonctions, et avec nos connaissances pathologiques correspondantes.

Nous disons que vous ne le trouverez pas. Du moins nous ne l'avons pas trouvé. Nous n'y avons trouvé que l'indication de grandes espérances sur des résultats à venir, qui seront de la plus grande importance, disent les auteurs, quand on aura fait plusieurs milliers d'analyses dans les cas morbides, et plusieurs centaines dans les cas normaux, car il s'agit là de déterminer des nuances infinies que présentent les variations de l'azote, etc. Nous y avons trouvé aussi dans plus d'un endroit un ou plusieurs buts déterminés, mais inutiles, lors même qu'ils seraient atteints, faute de rapport avec les actes qui ont lieu dans l'organisme. Il faut le dire, la plupart sont des problèmes chimiques posés à propos d'anatomie et de physiologie, par des chimistes, et non par des anatomistes et médecins.

Il est vrai que les résultats de l'analyse élémentaire sont obtenus plus rapidement que ceux de l'analyse immédiate; mais a-t-on marché plus vite que les autres quand on a fait un travail qui ne sert à rien, si ce n'est à soi, comme exercice chimique qu'on aurait pu faire en exécutant quelque chose d'utile?

Il est vrai encore que ces résultats ont un cachet de précision absolue séduisant, qui manque à l'analyse immédiate, qui est forcée de se borner souvent à constater la qualité, la nature, sans la quantité. Mais regardez au fond, comparez les résultats obtenus, surtout par deux auteurs différents, et vous trouverez des dissemblances de résultats, qui sont tout aussi grandes que les analyses immédiates quantitatives quelconques qui ont été faites jusqu'à présent. Si la marche que nous suivons est plus longue que l'autre, elle est plus belle aussi, parce qu'elle est plus sûre; elle est plus utile parce qu'elle rend compte de beaucoup de phénomènes présentés par les corps vivants, dont pas un n'a été expliqué par tous les dosages connus d'azote ou de carbone.

Nous ne croyons donc pas nécessaire de dire bien longuement que par l'analyse élémentaire, le sang artériel, sous l'influence de deux régimes différents, se compare, dans un cas, facilement à l'albumine, pourvu qu'on y ajoute un excès d'oxygène; dans le second cas, la même comparaison indique un excès d'hydrogène (page 36). Si l'on compare le *sang* au *chyle* en le recueillant simultanément sur un même animal, l'analyse élémentaire donne une grande analogie de composition entre ces deux liquides, etc.

Inutile de dire que l'azote qui s'élimine sous forme d'urée est regardé comme représentant une combinaison ultime des aliments azotés et des tissus protéiques de l'économie.

Nous ne pensons pas, après ce qui précède, avoir autre chose à faire que signaler le travail de M. Boussingault (1) sur la quantité d'ammoniaque contenue dans l'urine, d'où il

(1) BOUSSINGAULT, *Rech. sur la quantité d'ammoniaque contenue dans l'urine* (*Ann. de physique et de chimie*, 1850, t. XXIX, p. 472).

déduit la quantité d'azote fournie par les sels ammoniacaux. Comme les résultats obtenus ne sont pas d'accord avec ceux de M. Millon, il s'est élevé une polémique entre ces deux chimistes (1). Elle porte sur un sujet de trop peu de valeur physiologique réelle pour que nous ayons à en rendre compte.

Nous devons, pour ne rien omettre, mentionner deux compilations de faits connus alors, qui ont joui d'un succès local d'opportunité de publication, mais sans valeur pour le présent. Des figures dont elles sont accompagnées, quelques unes sont nouvelles, mais beaucoup copiées. Ce sont les ouvrages de Golding Bird (2), de John E. Bowmann (3), et de Moleschott (4).

649. — L'avant-dernier ouvrage que nous ayons à faire connaître est celui de Gorup-Bezanez (5). Comme Lehmann, il admet une *zoochimie* qui est une partie de la *chimie organique;* nous ne reviendrons pas sur ces idées, et nous verrons tout à l'heure son livre divisé en conséquence. Cette zoochimie n'est encore autre chose que l'examen de tout ce qu'il y a de chimique dans l'étude des parties des corps organisés, étude chimique qu'on regarde comme devant servir de base à la physiologie et à la médecine. Nous devons auparavant indiquer quel est son point de départ général, qui est plus rationnel au fond que le plan qu'il a suivi.

Il commence par établir que les combinaisons organiques caractérisées par des rapports stœchiométriques constants sont des *individus chimiques*. N'établissant pas la différence

(1) Millon, *Lettre à M. F. Boudet, à l'occasion des recherches de M. Boussingault sur la quantité d'ammoniaque contenue dans les urines* (*Journ. de pharm.*, 1850, t. XVIII, p. 360; — *Annuaire de chimie*, Paris, 1851, p. 359).

(2) Golding Bird, *Lectures on the physiolog. and pathologic. characters of urinary deposits*. London, 1843, 1 vol. in-12.

(3) J.-E. Bowmann, *A practical handbook of medical chemistry*. London, 1850, 1 vol. in-12.

(4) Moleschott, *Physiologie des Stoffwechsels in Pflanzen und. Thieren*. Erlangen, 1851, in-8°.

(5) Gorup Bezanez, *Anleitung zur qualitativen und quantitativen zoochemischen Analyse*. Nürnberg, 1850, 1 vol. in-8°.

qui existe entre la notion d'individu en chimie et en anatomie, il dit que c'est par la réunion en grande quantité de ces individus chimiques, c'est-à-dire de combinaisons organiques complétement constituées, qu'est formé l'organisme. Cela le conduit naturellement à considérer les *substances organiques* comme des composés chimiques, et il range parmi les principes immédiats beaucoup de composés chimiques qui ne se trouvent pas tout formés dans l'organisme. Il est néanmoins conduit à reconnaître que les *substances azotées* sont moins bien connues que les autres composés, et qu'on ne peut arriver qu'à une certitude relative et incomplète et non absolue sur leur composition. Enfin, dit-il (page 4), on ne sait encore avec certitude si ce sont réellement des individus chimiques ou une réunion de plusieurs individus.

Il fait ressortir l'importance de l'emploi du microscope pour la description des cristaux dans la recherche de chaque principe. Il en représente quelques espèces, mais les figures sont médiocres et beaucoup sont copiées. Il propose l'emploi du microgoniomètre de Schmidt, dont nous parlerons plus loin.

Après cette introduction, il traite d'abord des moyens d'extraction des principes, de ceux de leur analyse élémentaire et des divers réactifs qu'on emploie dans l'étude de ceux-ci et des humeurs. Vient ensuite la description des corps albumineux, des matières colorantes, des principes cristallisables, des *combinaisons inorganiques du règne animal*, et il termine par l'étude des gaz se trouvant dans l'organisme animal. Il est le seul auteur qui, depuis M. de Blainville, ait fait mention de ces principes. Mais tous ces corps sont étudiés les uns à la suite des autres et divisés en neuf groupes d'égale valeur, d'après des considérations d'origine et de composition pour ceux qui ne sont pas cristallins, d'après des considérations de caractères et de composition chimique pour ceux qui cristallisent. Nous avons déjà dit que plusieurs composés qui ne sont pas des principes sont considérés pourtant, par lui, comme parties constituantes des corps : tels sont la sarcosine, la tyrosine, la taurine, l'acide éthalique, et d'autres composés en-

core qu'on obtient par décomposition des principes véritables. De même ce sont les acides oxalique, hippurique, choléique, hyocholinique, etc., et non leurs sels, qui sont étudiés ; de même, enfin, les bases et acides d'origine inorganique sont étudiés à côté de huit seulement des principes salins d'origine minérale, lesquels, du reste, sont plutôt énumérés que décrits. L'ouvrage se termine par l'étude des moyens d'analyse du sang, de la lymphe, etc., puis des os et de quelques autres parties solides du corps considérées d'une manière générale. En un mot, les remarques faites à la suite de l'analyse des traités de Lehmann et autres s'appliquent également ici.

650.—Nous terminerons par l'analyse des nouvelles lettres de Liebig, parues en 1851 (1), ce chapitre dans lequel nous avons cherché à faire voir où en était l'examen des principes immédiats, lorsque nous avons entrepris d'en faire l'étude comme subdivision de l'anatomie. Dans cet ouvrage, non plus que dans ceux des auteurs déjà nommés, on ne trouve rien sur la détermination méthodique de la place que doit occuper cette partie de la science au milieu des autres branches des observations et méditations humaines. Des recherches de divers ordres, accompagnées de remarques ayant un cachet de haute sagacité, se trouvent réunies les unes à côté des autres, telles à peu près qu'elles semblent s'être présentées à la plume de l'écrivain ; et pourtant il est bien certain qu'il en est plusieurs qui n'ont pas toute l'utilité qu'on en pourrait attendre, faute d'une détermination nette du but que l'on doit se proposer en étudiant les diverses parties constituantes de l'organisme. Ce but nous l'avons déterminé pour les principes immédiats, p. 45, 64 et 117, et ce but ne pouvait être déterminé qu'après avoir établi une coordination de tous les ordres d'études auxquelles peuvent donner lieu les corps organisés, envisagés tant au point de vue statique qu'au point de vue dynamique. Rien ne fait plus sentir la nécessité de cette coordination des recherches et des pensées que le sentiment de

(1) LIEBIG, *Nouvelles lettres sur la chimie*, traduct. française. Paris, 1852, in-18.

vide qu'on éprouve à la lecture de tous ces faits, qui, bien que rassemblés par les esprits les plus éminents de manière à intéresser le plus possible, ne finissent pas moins par sembler d'une utilité fort restreinte. C'est qu'en effet, nulle chose n'est utile qui n'est pas à sa place. Rien pourtant de plus rare à notre époque que les travaux à la fois de recherches et de coordination. Laissons maintenant ces remarques que peuvent seules inspirer les publications des hommes éminents qui, mieux que personne, eussent pu atteindre le but dont nous venons de parler. Abordons plutôt les diverses parties de l'étude des principes en général qui se trouvent traités dans cet ouvrage, afin de n'avoir à lui emprunter dans le volume suivant que des faits relatifs à chaque espèce en particulier.

Bien que, dans cet ouvrage de Liebig, les observations sur chaque fait soient bien plus organiques que dans les précédents, c'est pourtant encore le point de vue chimique qui domine : c'est ainsi que la *constitution chimique* des *substances organiques* se trouve encore rapprochée de celle des *principes cristallisables*. « On a découvert toute une série de composés résultant de la combinaison de deux corps plus simples, et conservant le caractère chimique de l'un des corps constituants, contrairement aux lois de la chimie minérale, où, en général, les propriétés de deux corps se neutralisent entièrement par la combinaison.

» Tout le monde connaît, par exemple, l'acide formique et l'essence d'amandes amères. Ces deux corps, en se combinant, produisent l'acide formo-benzoïlique, dont les propriétés sont entièrement semblables à celles de l'acide formique, et n'ont aucun rapport avec celles de l'essence d'amandes amères. Dans cette combinaison, l'acide formique a conservé son caractère chimique, tandis que l'essence d'amandes amères a perdu le sien.

» Les composés de ce genre, quoique produits par la combinaison de deux corps déjà eux-mêmes composés, jouent entièrement le rôle des combinaisons organiques plus simples,

c'est-à-dire des combinaisons qu'on ne peut pas dédoubler et recomposer ensuite avec les produits de leur dédoublement. On les appelle *corps copulés*, et l'on désigne sous le nom de *copule* celle des parties constituantes dont les propriétés disparaissent par la combinaison. D'après cette définition, l'essence d'amandes amères est donc la copule de l'acide formobenzoïlique.

» Il est probable que la plupart des combinaisons organiques complexes constituent de semblables corps copulés, et l'on compte avec raison dans cette classe l'albumine, le caséum, les alcalis végétaux, bien qu'on n'en connaisse pas toujours avec certitude la copule. » (Pages 4 et 5.)

Comme jusqu'à présent l'albumine, le caséum et autres substances organiques, ne trouvent leurs conditions de formation que dans l'organisme vivant ; comme il a jusqu'à présent été impossible de les combiner à quelque corps que ce soit, ou de leur enlever quelque partie constituante que ce soit sans en changer les propriétés, nous ne pensons pas qu'on puisse les rapprocher des *corps copulés*. Nous ne pensons pas surtout qu'on puisse conclure à une analogie de constitution chimique entre les *substances organiques* et les composés cristallisables, d'après ce seul fait qu'un composé peut, en se combinant à un autre, perdre ses caractères chimiques, tandis que celui-ci conserve tous les siens. Nous renvoyons à cet égard à ce que nous avons dit pages 656 à 660.

La différence de constitution chimique, entre les substances organiques et les principes cristallisables, est du reste indiquée par les faits suivants rapprochés par Liebig, et dont nous avions déjà traité pages 508 et 509, et fait tirer les feuilles, lorsque nous avons reçu le livre que nous analysons. « Les sucs végétaux et les produits de sécrétions animales, comme le jus de raisin, le lait, la bile, l'urine, contiennent deux espèces de substances différentes sous le double rapport de leurs propriétés et de leur composition : les unes sont putrescibles (1) ; les autres sont incapables d'éprouver seules

(1) « Une substance putrescible se distingue d'un corps non susceptible de

une semblable métamorphose. Dans la décomposition des liquides organiques abandonnés à eux-mêmes, on constate ce fait remarquable, que les deux espèces de substances disparaissent en même temps. On voit donc se métamorphoser à la fois la partie putrescible et les parties imputrescibles, qui, sans la présence de la première, se fussent conservées sans altération. » (Page 10 à 11.)

« Ces faits démontrent que les substances putrescibles ont pour effet de déterminer la métamorphose d'un grand nombre de corps azotés ou non azotés, non putrescibles par eux-mêmes, lorsque ceux-ci sont mis en contact avec elles au moment où elles se putréfient. » (Page 11.)

Or, observons que tous les *corps putrescibles*, et devenant des ferments par la putréfaction, sont précisément des *substances organiques* non cristallisables, etc., et jamais des corps cristallisables.

« Placés dans les mêmes conditions que ces substances complexes, dit M. Liebig, l'urée, le sucre, la lactine, l'asparagine, l'amygdaline, les différents acides organiques n'éprouvent aucune altération sensible s'ils sont à l'état de pureté. » (Page 10.) C'est-à-dire qu'elles n'absorbent pas l'air et ne continuent pas à se combiner à lui jusqu'à destruction complète, comme le font les substances organiques. Ces faits nous montrent qu'il y a certainement une différence de constitution chimique entre ces deux classes de substances, qui ne permet pas de les rapprocher l'une de l'autre; même au point de vue de cette constitution, comme on le fait à l'aide de la théorie des *corps copulés*.

Après ce que nous avons dit § 70, page 84 et pages 268 à 270, 273, et dans l'article I[er] de cet historique, nous ne pensons pas qu'il soit nécessaire de montrer combien il faut se garantir des idées suivantes. « La plus grande difficulté de ce

se putréfier en ce qu'elle peut se décomposer, par l'intermédiaire seul de l'eau et d'une température convenable, en une série de composés nouveaux, tandis que le corps non putrescible n'éprouve pas d'altération dans les mêmes circonstances. » (Liebig, page 9.)

genre de recherches consiste évidemment en ce qu'arrivés à une certaine limite, nous ne savons plus distinguer *les effets des forces actives*, dans un être organisé, des *effets dus aux forces physiques*. On a cherché sans succès une ligne de démarcation pour les plantes et les animaux, un caractère positif qui permette de les distinguer ; on n'a pu trouver que des transitions, on n'a pas trouvé de limites absolues. »

A cet égard, nous devons dire que cela n'est pas ; même parmi les êtres les plus simples on peut parvenir à distinguer les animaux des végétaux. Il n'est pas exact non plus de dire que « évidemment nous ne savons pas faire une distinction nette entre les effets des forces chimiques et les effets de la force vitale. » Nous renvoyons à ce que nous avons dit dans l'article Ier de ce chapitre sur ces questions ; mais il nous est impossible de ne pas les signaler, car dès l'instant où elles ne sont pas nettement conçues, dès l'instant où ces différences délicates, mais réelles, ne sont pas établies dans l'esprit de l'observateur et de l'écrivain, il est impossible de ne pas retomber dans des errements de nos prédécesseurs. Cette confusion entre les actes chimiques et les actes vitaux tient à ce que les chimistes n'ont pas assez présent à l'esprit que les actes de nutrition se passent dans la substance organisée ; et de plus, bien qu'ils soient caractérisés d'une part par un mouvement de composition qui est chimique si on le considère seul, et par un acte de décomposition qui est chimique aussi quand on l'envisage isolément, il y a cela de spécial, qu'ils ont lieu simultanément dans la même substance sans destruction de celle-ci. Mais il est impossible de rien comprendre à cette différence, si vous n'avez présentes à l'esprit d'une part la notion de la substance où se passe l'acte (conditions d'actions), et de l'autre la notion de simultanéité des deux mouvements, ou actes élémentaires sans destruction ni changement de l'espèce de substance où ils ont lieu ; ce qui n'est pas le cas en chimie.

Il faut être prévenu aussi, pour comprendre pleinement les chimistes qui ont écrit sur les actes vitaux, que ce qu'ils disent de la *force vitale* ne s'applique qu'à la nutrition, le plus élé-

mentaire, le moins élevé de tous ces actes, mais sans lequel le développement, la reproduction, la contractilité et la sensibilité ne sont pas possibles.

On nous reprochera peut-être de ne pas relever ce qu'il peut y avoir d'inexact dans la manière de voir sur ces actes élémentaires dans les écrits de tous les auteurs que nous avons cités. Mais il importe de savoir que naturellement nous ne devons le faire que pour ceux qui, par le nombre et l'élévation de leurs travaux, sont arrivés à servir de point d'appui à des générations entières ; qu'en un mot, on doit faire un choix même dans la critique, dont tous ne sont pas dignes.

Après ce que nous avons dit dans l'article II des *Prolégomènes* et dans plusieurs passages de cet historique, nous pensons qu'il suffira de citer le passage suivant ; il faut de toute nécessité le mettre en évidence, car il exprime de la manière la plus nette l'opinion des chimistes et des physiciens, qui, faute de connaître assez les divers ordres de parties du corps et les ordres d'actes correspondants, voient toute la physiologie dans la *nutrition* et dans ce qu'il y a de physique parmi les actes exécutés par l'être vivant : « La physiologie repose évidemment sur une double base : sur la physique physiologique, fondée elle-même sur l'anatomie, et sur la chimie physiologique, qui dérive de la chimie animale. De la fusion de ces deux sciences surgira une science nouvelle, la véritable physiologie qui sera à la science à laquelle on donne aujourd'hui ce nom, ce que la chimie moderne est à la chimie du siècle passé. » (Page 43.) Il ne manquerait, comme on le voit, à la physiologie, si on la considérait ainsi, que d'avoir quelque chose d'organique.

Dans les autres parties du livre sont envisagés les phénomènes de la respiration, les différentes parties constituantes des aliments, et leurs effets, etc. Comme nous aurons fréquemment à emprunter, à propos de chaque principe, aux faits qui se trouvent rassemblés dans chacune des lettres, nous croyons inutile d'en parler ici plus longuement.

651. — Le traité récent de chimie organique de Lœwig (1) ne représente rien qui se rapporte à notre sujet. Il y est question des substances azotées, mais elles sont envisagées purement au point de vue chimique. Il les range en un groupe particulier à la suite des composés chimiques d'origine organique ou artificiels formés à l'aide de ceux-ci, comme si c'étaient des composés définis. Il n'est pas question de leur étude anatomique.

Lœwig étudie les espèces chimiques d'origine organique, et passe à l'étude des espèces anatomiques, fibrine, albumine, etc., n'ayant pas de forme spéciale organique, ni cristallisables, parce que ces corps ont caractère d'espèce ; parce qu'ils ont des caractères assez nets pour qu'on ne puisse pas les confondre ensemble ni avec d'autres corps. Mais ne tenant pas compte de ce fait, que la biologie et la chimie appliquent l'une et l'autre à des espèces les caractères généraux étudiés par les autres sciences, il passe de la chimie dans l'anatomie d'un seul trait, comme tous les chimistes. Il ne s'arrêterait naturellement pas là si les fibres, les cellules n'avaient quelque chose de trop spécial dans leur forme qui fait reconnaître qu'il ne s'agit décidément plus là d'espèces chimiques. Mais pourtant, qu'on analyse les cellules d'épithélium, et on leur trouvera la même composition élémentaire qu'à la kératine, et autres *substances organiques* analogues.

652. — Nous ne saurions terminer cet historique sans renvoyer à ce que nous avons dit au chapitre IV, article II, sur les dissolutions et sur le pouvoir rotatoire des liquides, afin de rappeler ce qu'on doit à M. Biot relativement aux questions de chimie, et, par suite, relativement aux moyens d'étude des principes immédiats. Ces recherches, poursuivies depuis 1815 jusqu'à 1840, n'ont pas encore été rattachées méthodiquement dans les ouvrages didactiques à chacune des questions auxquelles elles se rapportent, ce qui empêche en-

(1) C. Lœwig, *Grundriss der organischen Chemie*, 1 vol. in-8°. Braunschweig, 1852.

core d'en tirer tout le parti possible au profit de plusieurs questions théoriques.

Quoique les microscopes ordinaires soient suffisants et les plus commodes à employer dans l'étude des principes immédiats ; quoique, ainsi que nous l'avons vu, on ne puisse pas encore tirer grand parti, dans ces recherches, de la mesure des angles des cristaux ; quoique l'examen du décroissement suffise, sans cette mesure, pour la détermination des espèces, nous devons mentionner les essais qui ont été faits dans cette direction. Il est bien certain, en effet, qu'à l'aide des instruments qu'on possède actuellement, on pourra, quand on voudra, obtenir des mesures assez exactes de l'angle des cristaux pour qu'il soit possible de s'en servir très utilement dans les descriptions différentielles des composés chimiques qu'on obtient en petite quantité et des principes immédiats. Il serait nécessaire, pour cela, que quelque chimiste, après avoir suffisamment déterminé dans quelles limites ces mesures sont utiles, s'en occupât spécialement. Déjà C. Schmidt a imaginé et décrit (1) un *microgoniomètre* qu'il a appliqué à la mesure des cristaux qu'on obtient par l'analyse des liquides animaux, et dont, peut-être, il a seulement cru l'emploi trop susceptible d'être généralisé.

Enfin, notre ami M. Laurence Smith, de Philadelphie, a imaginé aussi un microscope chimique muni d'un goniomètre d'un emploi facile. Ce microscope, dont il a lu la description à la Société de biologie en août 1850, a été décrit par l'un de nous (2) d'après ceux que M. Nachet exécute actuellement en suivant les données de M. Smith. Très-utile pour beaucoup d'opérations chimiques, ce microscope peut servir aussi à l'étude des principes immédiats, mais il ne peut pas être employé pour celle des éléments anatomiques. Nous conseillons

(1) C. SCHMIDT, *Entwurf einer allgemeinen Untersuchungs Methode der Safte und Excrete der thierischen Organismus, basirt auf kristallonomische, histologische und mikrochemische Bestimungen.* Mittau und Leipzig, in-8°, 1846, Mitt ein Steindrucktafel.

(2) CH. ROBIN, article MICROSCOPE, dans *Supplément au dictionnaire des dictionnaires de médecine.* Paris, 1851, in-8°, p. 473.

pourtant le microscope ordinaire, parce que celui qui étudie les principes est plus souvent forcé d'examiner les éléments anatomiques que de faire les opérations auxquelles sert cet instrument. Ce qu'il y a d'important pour nous dans le microscope de M. Smith, c'est le goniomètre. M. Nachet l'a adapté à tous ses microscopes anatomiques, ce qui les rend ainsi propres à l'étude complète de tous les principes immédiats et de tous les composés cristallisables. Cela les rend aussi préférables à tous les autres instruments grossissants de ce genre pourvus de goniomètre. Nous avons décrit précédemment (page 549, § 545) ce dernier instrument et les limites dans lesquelles nous nous en sommes servis. Nous le répétons, quoique son emploi ne soit pas indispensable, il pourra devenir plus utile qu'il ne l'a encore été.

653. — Nous voyons au milieu de tout cela que jamais l'étude réelle des principes immédiats n'a encore été conçue, que jamais l'analyse anatomique n'a été poussée ainsi jusqu'à étudier *toutes* les parties nettement isolables de l'organisme et *tous* leurs caractères. Néanmoins nous avons vu comment plusieurs côtés de cette histoire avaient été ébauchés, souvent d'une manière fausse, mais encore ne restait-il qu'à remplacer l'erreur par la vérité, ce qui est moins que d'avoir à chercher encore ce qu'il faut faire.

Toutefois il est nécessaire d'insister sur deux points généraux relatifs à l'évolution historique de cette partie de l'anatomie, qui est importante comme toutes les parties de chaque science qui sont limitrophes d'une autre science, et qui, à cause de cela, sont considérées comme des accessoires, au lieu de l'être comme *préliminaire* indispensable. Ces deux points sont : 1° Que la notion exacte des matériaux qui réellement composent la substance du corps est l'indication de l'arrivée de nos connaissances organiques à un haut degré de positivité.

2° Mais ce fut le signe d'un éloignement considérable de la réalité, que l'idée fausse qu'on se fit sur la constitution de ces matériaux, et, par suite, sur celle de la substance organisée par ces matériaux.

654. — La notion exacte des principes immédiats qui composent réellement la substance du corps indique un grand progrès dans les études organiques et inorganiques.

L'étude de la stœchiologie nous montre que les corps simples qui composent ces principes sont bien semblables aux éléments chimiques des corps bruts (ce qui subordonne la biologie à la chimie, ce qui montre que l'une s'appuie sur l'autre). Mais la plupart des principes qu'ils forment et qui composent essentiellement la substance des corps organisés diffèrent des composés chimiques minéraux (ce qui montre que cette subordination n'est que médiate et non immédiate, que la biologie n'est pas une conséquence de la chimie, et que même dès les notions biologiques les plus simples, les plus chimiques jouissent déjà d'une certaine indépendance par rapport aux sciences inorganiques).

La substance organisée est donc constituée essentiellement par des principes qui, pour la plupart (2e et 3e classe), sont différents des composés d'origine minérale; mais ces principes sont formés de corps simples qui sont les mêmes que ceux des milieux ambiants. Si donc la substance du corps des êtres vivants se compose au fond des mêmes éléments que ceux du règne minéral, c'est médiatement et non immédiatement. Mais les principes qui la constituent d'une manière immédiate, qui agissent réellement en elle, ne sont point du tout semblables à ceux du règne minéral ; ils en diffèrent beaucoup. Ils ne se présentent surtout nullement au dehors de l'économie sous l'état physique qu'ils offrent au dedans, quand ils en font partie; ce qui établit deux faces dans l'étude de ceux qui sont de composition définie, l'une chimique, l'autre anatomique.

La stœchiologie n'a donc été réellement conçue que le jour où l'on a reconnu que les corps simples découverts par les chimistes dans les corps organisés y forment des principes distincts les uns des autres, NUMÉRABLES, susceptibles d'être tous retirés de l'économie sans exception, quel qu'en soit le nombre, *qui n'est pas infini*, mais limité ; principes suscepti-

bles, qui plus est, d'être retirés, tels qu'ils sont au dedans, à deux ou trois exceptions près (ostéine, cartilagéine).

Elle n'a été connue, d'autre part, que lorsqu'on a eu compris que ces principes forment par leur union *une substance à part* plus différente de chacun d'eux qu'ils ne diffèrent les uns des autres ; substance dont plusieurs des propriétés ou actes dynamiques ne sont ni des propriétés chimiques, ni physiques, ni mécaniques; mais d'ordre nouveau, *vitales*, en un mot. Substance qui doit être étudiée en elle-même, pour ce qu'elle est; dont les phénomènes, quoique ne pouvant être étudiés sans connaître les phénomènes chimiques, ne sauraient en être considérés comme une conséquence, en être déduits comme suite et corollaire.

Aussi ceux qui, se bornant à des connaissances superficielles en biologie disent que, pour eux, la *physiologie est la chimie vivante*, la *chimie des corps vivants*, ne peuvent-ils pas concevoir l'étude des principes immédiats.

Certainement ils ne la comprendront jamais tant qu'ils maintiendront cette fausse définition : car raisonner ainsi, c'est se placer au point de vue le plus étroit qu'on puisse concevoir; c'est ne voir dans la physiologie que ce qui est relatif à la nutrition, et c'est le voir d'une manière fausse. Car, ou bien les faits de reproduction, de sensibilité, etc., sont négligés, ou bien ils sont considérés tellement comme une conséquence des actes chimiques, qu'on croit tout embrasser en disant que la physiologie est la chimie des corps vivants. Ceci nous conduit à examiner le deuxième point de vue que nous avons signalé précédemment.

655. — Entre les deux extrêmes de nos connaissances sur les principes immédiats, savoir : que la *substance du corps* est formée des mêmes corps simples que ceux du règne minéral, et que ces éléments chimiques se trouvent dans cette *substance* particulière à l'état de principes qui sont des composés définis ou non, mais la plupart différents de ceux qui existent dans le règne minéral; entre ces deux extrêmes, disons-nous, se trouve dans l'évolution historique de la stœ-

chiologie une période intermédiaire. Dans cette période on s'éloigna beaucoup de la réalité. Reconnaissant que les corps simples sont dans l'économie, quelques uns à l'état de composés semblables à ceux du règne minéral ; considérant les bases d'une part, les acides de l'autre, et non point leurs sels, comme étant les vrais principes immédiats, il est tout simple de voir qu'on n'étudie les principes seulement que comme composés chimiques et non anatomiquement. Mais l'étude de la substance organisée est négligée, elle est peu envisagée en elle-même. C'est qu'en effet on ne la considère pas autrement qu'un amas de composés chimiques dans lequel les actes ne sont autres que chimiques, ayant lieu entre corps simples en quelque sorte ; pouvant dès lors être déduits directement de nos connaissances chimiques sur les acides, sur les bases et sur les composés qu'on rapproche les uns des autres à l'aide de l'hypothèse des radicaux composés.

Que sont alors les articles sur chaque principe en particulier, pris séparément, dans les traités qui toutefois en considèrent ainsi un certain nombre ? Une histoire chimique de ces corps, ou de leur acide, de leur base quelquefois ; plus des raisonnements chimiques à propos de chacun d'eux, dans lequel on les fait se composer et se décomposer à peu près comme s'ils étaient dans un creuset, sans prendre beaucoup en considération les conditions réelles dans lesquelles se trouvent ces principes ; quand toutefois, ainsi que nous l'avons dit, ce n'est pas leur acide ou la base prise séparément qu'on envisage.

De ce que les phénomènes de nutrition sont des phénomènes de composition et de décomposition, par suite moléculaires, ils pensent que, des actes étudiés en chimie, on peut déduire ceux qui se passent dans l'économie. Sautant, pour ainsi dire, par-dessus les connaissances spéciales d'anatomie dont parlait Berzelius, ils ne tiennent compte que très accessoirement de la structure des parties, des afflux ou des retraits de liquides sanguins qui ont lieu sous telle ou telle influence. De là ces hypothèses sur la combustion, etc. Discutez main-

tenant sur ce fait avec un chimiste, il sera on ne peut plus obstiné dans sa manière de voir, parce que, placé à son point de vue absolu, il considère comme peu de chose les faits anatomiques et physiologiques qui peuvent contredire sa façon de penser en plusieurs points fondamentaux. Cet absolutisme ne doit pas étonner ; car, en ne tenant pas compte de l'organisation dans ses détails intimes, dès que le chimiste a trouvé une manière de voir qui donne raison des choses de telle sorte qu'on ne peut les expliquer autrement (lors même qu'on ne peut la prouver ni l'infirmer, et précisément à cause de cela), il admet qu'elle est telle, car il ne voit pas que *la nature puisse* faire autrement.

Ces faits, admis par les pathologistes sans vérification, servent de base aux explications des pathologistes du jour; ce qui constitue le *chimisme* moderne, base des tentatives de *chimiatrie* actuelle. Ne soyez donc pas étonné en voyant par l'histoire combien sont petits les changements apportés par les plus grands novateurs aux progrès des sciences, combien chacun d'eux reste dominé par ce qu'ont fait ceux qu'il veut renverser ; combien pourtant est grande l'énergie que chacun déploie dans sa critique. C'est qu'ils ont toujours voulu substituer à une hypothèse absolue une autre hypothèse absolue qui fût le dernier mot de la science ; tandis que peu à peu les unes comme les autres finissent par avoir leur valeur relative.

Cette observation fait sentir la nécessité d'envisager chaque question d'une manière pleine et entière, tant sous le rapport du nombre des ordres d'objets ou d'actes à étudier que sous celui des caractères à examiner à propos de chacun.

On est étonné aussi de voir tant de faits utilisés pour le présent qui avaient déjà été mis en avant autrefois de la manière la plus nette, et cela quelquefois par des hommes ayant peu de science, connaissant peu de détails ; mais c'est qu'ils avaient profondément réfléchi sur ces faits et les avaient coordonnés autant qu'on le pouvait alors. Ces faits, pourtant, bien des fois sont restés longtemps oubliés, méconnus et reparaissent

ensuite comme nouveaux. Mais il est facile de voir qu'ils sont restés ignorés parce que les notions nécessaires à leur liaison avec ceux qui pouvaient les rendre utiles restaient encore à découvrir; et ils reparaissent comme nouveaux quand les faits manquant pour qu'ils soient applicables viennent à être connus. Ils restent inconnus tant que leur place dans le système de nos connaissances reste ignoré, et ils reparaissent dès qu'adviennent les notions sur l'ensemble qui les rendent appréciables à leur juste valeur.

En un mot, on saisit facilement les motifs de la lenteur du développement de chaque branche de l'histoire des corps organisés, lorsqu'on songe que la vérité est relative; qu'elle n'est que l'établissement d'une harmonie suffisante entre nos conceptions subjectives et nos impressions objectives. Aussi peu de personnes pouvant descendre aux détails de chaque chose pour voir ce qui est en réalité, un fait a beau être vrai, quoi qu'on dise et écrive sur lui, il n'est pas accepté lorsque ces notions ne sont pas comprises, en raison de l'idée qu'on s'est forgée des choses sur lesquelles on n'expérimente pas. Il reste nul devant le plus grand nombre, et celui qui est le plus dans le vrai peut ainsi rester comprimé malgré tout, faute d'un assez haut degré d'évolution de l'ensemble des connaissances autres que celles qu'il fait avancer.

FIN DU TOME PREMIER.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME PREMIER.

FIN DE LA TABLE DU TOME PREMIER.

